

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DAS CONSTRUÇÕES E ESTRUTURAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CARLOS EDUARDO CORRÊA VELOSO

**ESTUDO DAS SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES PARA UM PRÉDIO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

São Luís

2019

CARLOS EDUARDO CORRÊA VELOSO

**ESTUDO DAS SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES PARA UM PRÉDIO DE
ALVENARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil da
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Clodoaldo Cesar Malheiros
Ferreira

Coorientador: Guilherme Teles Dutra Gonçalves

São Luís

2019

CARLOS EDUARDO CORRÊA VELOSO

**ESTUDO DAS SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES PARA UM PRÉDIO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil da
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, como
requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Clodoaldo Cesar Malheiros
Ferreira

Coorientador: Guilherme Teles Dutra Gonçalves

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. Clodoaldo César Malheiros

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Iêdo Alves de Souza

Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Fabiano Petrucci de Sousa Ferreira

Universidade Estadual do Maranhão

*“Não temas, porque Eu sou contigo;
não te assombres, porque Eu o teu
Deus; Eu te fortaleço, e te ajudo, e te
sustento com a destra da minha
justiça”.*

Isaías 41:10

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, que me concedeu através de seu amor infinito a capacidade de realização deste trabalho de conclusão de curso.

A minha mãe, Marlise Vasconcelos Corrêa, que sempre confiou no meu potencial, que é minha incentivadora e apoiadora em todos os meus desafios. Agradeço, também pelos princípios ensinados e que tem contribuído para minha formação. E minha irmã, Renata Corrêa Veloso, que tem demonstrado seu carinho e desejo por meu sucesso.

A minha namorada, Hanne Lise Silva Guida, por sempre estar me incentivando a continuar, e me animando a cada novo desafio.

Ao meu orientador, Clodoaldo Cesar, e ao co-orientador, Guilherme Gonçalves, pelos ensinamentos transmitidos e comprometimento durante a graduação e elaboração deste trabalho.

Sou grato a João Victor Silva Aguiar, André Silva Linhares, João Pedro Renner Leal, Carlos Vinicius Cunha Saraiva e aos demais amigos de graduação, que trilharam este caminho compartilhando momentos de felicidade, cansaço e realização de sonhos.

A todos os meus amigos e familiares que contribuíram diretamente ou indiretamente na minha formação como Bacharel em Engenharia Civil.

RESUMO

A concorrência na construção civil tem estimulado técnicas construtivas de projeto e execução de edificações que adotem modelos mais racionais e econômicos. Desta forma tem se intensificado o número de construções no sistema em alvenaria estrutural, principalmente em edificações populares. No entanto, este sistema possui uma peculiaridade quanto a distribuição de cargas quando comparado a sistemas construtivos tradicionais como pórticos metálicos e concreto armado convencional. Nesse modelo construtivo as cargas não são concentradas em pilares e transmitidas à fundação pontualmente. O que ocorre é que há uma distribuição uniforme de tensões nas paredes estruturais, fazendo com que as tensões na fundação sejam uniformes. Este trabalho visa analisar o dimensionamento e escolha da infraestrutura de uma edificação de alvenaria estrutural, utilizando-se de recursos teóricos e tecnológicos para propor a melhor solução de fundação numa edificação de múltiplos pavimentos, e que considere as características peculiares do método.

Palavras chave: Alvenaria estrutural. Dimensionamento. Fundação.

ABSTRACT

The competition in the civil construction has been stimulating constructive techniques of project and execution of constructions that adopt more rational and economical models. In this way it has when if numbers of constructions were intensified in the system in structural masonry, mainly in popular constructions. However, this system has a peculiarity as for loads distribution when compared to system constructive traditional like metal porches and conventional reinforced concrete. In this constructive model the loads are not concentrated in pillars and transmitted to the foundation punctually. What it takes place the fact is that there is a uniform tensions distribution in the structural walls, doing so that the tensions in the foundation are uniform. This work aims to analyse the dimensionamento and choice of the infraestructura of a structural brick construction, making use of theoretical and technological resources to propose the best foundation solution in a construction of multiple road surfaces, and what considers the special characteristics of the method.

Keywords: Structural masonry. Sizing. Foundation.

Lista de figuras

Figura 1 - Alvenaria não armada	18
Figura 2 - Alvenaria armada	18
Figura 3 - Pirâmides de Gizé.....	19
Figura 4 - Coliseu romano	20
Figura 5 - Catedral de Reims	20
Figura 6 - Conjunto habitacional central Parque da Lapa	21
Figura 7 - Carga distribuída no solo	22
Figura 8 - Bloco Vazado de concreto simples	24
Figura 9 - Bloco tipo canaleta.....	24
Figura 10 - Bloco compensador	25
Figura 11 - Pontos de grauteamento.....	28
Figura 12 - Sondagem SPT.....	29
Figura 13 - Exemplo de fundação rasa	31
Figura 14 - Estrutura de sapata.....	31
Figura 15 - Detalhamento de sapata corrida	32
Figura 16 - Radier	33
Figura 17 - Perfil do tubulão	34
Figura 18 - Pavimento tipo	38
Figura 19 - Determinação da ação do vento no programa Cypecad	39

Figura 20 - Características dos blocos escolhidos	41
Figura 21 - Modulação em três dimensões	42
Figura 22 - Detalhamento da Cortina de alvenaria C17	42
Figura 23 - Perfil de Sondagem SPT - 03	44
Figura 24 - Dimensões da sapata	45
Figura 25 - Geometria da sapata.....	46
Figura 26 - Detalhamento da sapata C13	47
Figura 27 - Sapata corrida detalhada em 3D.....	48
Figura 28 - Tensões do radier no solo.....	50
Figura 29 - Vista 3D do radier	50
Figura 30 - Sondagem SP - 01	52
Figura 31 - Croqui com pontos de estaca	56
Figura 32 - Dimensões do bloco de coroamento.....	60
Figura 33 - Detalhamento da armação horizontal (E1).....	61
Figura 34 - Detalhamento da armação vertical (E1).....	61
Figura 35 - Detalhamento da estaca E1	62

Lista de tabelas

Tabela 1 - Família 20 x 40	25
Tabela 2 - Dimensões nominais	26
Tabela 3 - Tipos de traços de argamassa	27
Tabela 4 - Previsão da resistência do solo através do número N	29
Tabela 5 - Categorias de rugosidade	40
Tabela 6 - Classificação das edificações	40
Tabela 7 - Determinação do fator estatístico	41
Tabela 8 - Quantitativo de materiais das sapatas corrida	48
Tabela 9 - Quantitativo de materiais do radier	51
Tabela 10 - Tensões do terreno sobre as vigas de fundação	55
Tabela 11 - Carga por estaca	56
Tabela 12 - Coeficientes de β	58
Tabela 13 - Coeficientes de α	59
Tabela 14 - Coeficiente de solo	59
Tabela 15 - Quantitativo de materiais das estacas	63
Tabela 16 - Comparativo - Sapata x Radier	64
Tabela 17 - Comparativo - Radier x Estacas	65

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CGU	Controladoria Geral da União
cm	centímetros
CPT	<i>Cone Penetration Test</i>
Kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
Kgf/m ²	Quilograma força por metro quadrado
m	metro
NBR	Norma Brasileira de Regulamentadora
LTDA	Limitada
SPT	<i>Standart Penetration Test</i>
t	toneladas
σ	tensão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 JUSTIFICATIVA.....	16
3 OBJETIVOS.....	17
3.1 Objetivo geral	17
3.2 Objetivos específicos	17
4 ALVENARIA ESTRUTURAL	18
4.1 Tipos de alvenaria estrutural	18
4.2 Aspectos históricos	19
4.3 Vantagens e desvantagens.....	21
4.3.1 Principais vantagens.....	21
4.3.2 Principais desvantagens	22
4.4 Componentes da alvenaria estrutural	23
4.4.1 Blocos ou Unidades	23
4.4.1.1 Tipos de Blocos	24
4.4.2 Argamassa.....	26
4.4.3 Graute	27
5 ESTRUTURAS DE FUNDAÇÃO	28
5.1 Critérios para a escolha da fundação.....	30
5.2 Fundações Superficiais	30

5.2.1 Sapatas.....	31
5.2.2 Radier	32
5.3 Fundações profundas	33
5.3.1 Estacas	33
5.2.2 Tubulões	34
6 CAPACIDADE DE CARGA	34
6.1 Modelo Urbano Alonso – Fundações superficiais	35
7 METODOLOGIA	37
8 MODELAGEM DO EDIFÍCIO	38
8.1 Ação do Vento.....	39
8.2 Modulação das paredes estruturais	41
9 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES	43
9.1 Soluções de fundações para a sondagem SPT - 03	43
9.1.1 Sapata corrida	45
9.1.2 Radier	49
9.2 Soluções de fundações para a sondagem SP-01	51
9.2.1 Radier	53
9.2.2 Estaca.....	54
10 ESCOLHA DA FUNDAÇÃO	64
10.1 Escolha para o solo de sondagem SPT - 03	64
10.2 Escolha para o solo de sondagem SP-01	65

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
12 REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICE A – Planta com disposição dos blocos de concreto vazado	72
APÊNDICE B – Planta de fundação - sapata corrida.....	73
APÊNDICE C – Planta de fundação - Estacas.....	74

1 INTRODUÇÃO

A alvenaria é um dos mais antigos métodos construtivos e as construções milenares permanecem até hoje como testemunho vivo da história da humanidade, como as pirâmides egípcias e construções romanas. Entretanto, nos últimos cem anos os estudos acerca do concreto e aço como soluções para vencer vãos maiores aliados a esbeltez ganharam espaço na concepção de projetos e estruturas, deixando a alvenaria quase exclusivamente como elemento de vedação.

O crescimento da concorrência na construção civil tem provocado a necessidade de desenvolvimento de métodos construtivos que unam a qualidade, rapidez na execução dos empreendimentos e menor custo das obras.

Devido a essas necessidades a engenharia tem buscado alternativas que satisfaçam as exigências do mercado. Uma alternativa é a alvenaria estrutural, que tem demonstrado ser um método vantajoso, pois é notório a redução do consumo de formas, aço e concreto, além de apresentar maior rapidez na construção sem comprometer a qualidade da obra.

A alvenaria estrutural é um recurso da construção civil em que não se utilizam vigas e pilares, pois as paredes além de elementos de vedação, trabalham também como elemento estrutural distribuindo as cargas uniformemente ao longo da fundação. (TAUIL & NESE, 2010)

Nos edifícios de concreto convencional as cargas das lajes são transferidas para as vigas, que por sua vez são levadas, juntamente com o seu peso próprio, peso das paredes e as reações de apoio das vigas secundárias, para os pilares e por fim até a fundação. Na alvenaria estrutural essas transferências de cargas acontecem de maneira diferente, pois a alvenaria por ter resistência maior absorve parte dos esforços, e distribui as cargas numa área maior, diminuindo as tensões na fundação.

Diante disso, é importante um estudo aprimorado quanto a interação entre a superestrutura e a fundação nos prédios de alvenaria estrutural dada a diferença no tipo de carregamento, pois os métodos de cálculo de fundações existentes geralmente usam a hipótese de cargas pontuais chegando na infraestrutura.

2 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos a técnica de construção em alvenaria estrutural tem sido impulsionada por programas habitacionais, como o Minha Casa Minha Vida, sobretudo pela necessidade de execução dos imóveis em prazos menores e redução no custo final das obras. Entretanto, segundo o relatório da Controladoria Geral da União (CGU), publicado em agosto de 2017, cerca de 56,4% das construções apresentavam problemas estruturais. E dentre os principais problemas apresentados estão as fissuras.

A causa mais grave do aparecimento de fissuras nos edifícios se dá pelo recalque diferencial na fundação, que pode ocorrer por erros na sondagem ou no dimensionamento da infraestrutura (PILZ, 2009). Deste modo, é essencial que os projetos de alvenaria estrutural sejam executados visando a estabilidade da estrutura e segurança dos usuários, evitando sempre a padronização de projetos de fundações, uma vez que a mesma estrutura quando submetida a outro tipo de solo pode apresentar soluções diferentes para a fundação.

Considerando as diferenças na concepção do método convencional de concreto e de alvenaria como elemento estrutural, é importante, portanto, um estudo sobre os efeitos na fundação e uma análise adequada da melhor solução de fundação a fim de evitar problemas na estrutura.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Propor a melhor solução de fundação em um prédio de alvenaria estrutural, levando em consideração as características de distribuição de cargas do método e a tipologia do solo.

3.2 Objetivos específicos

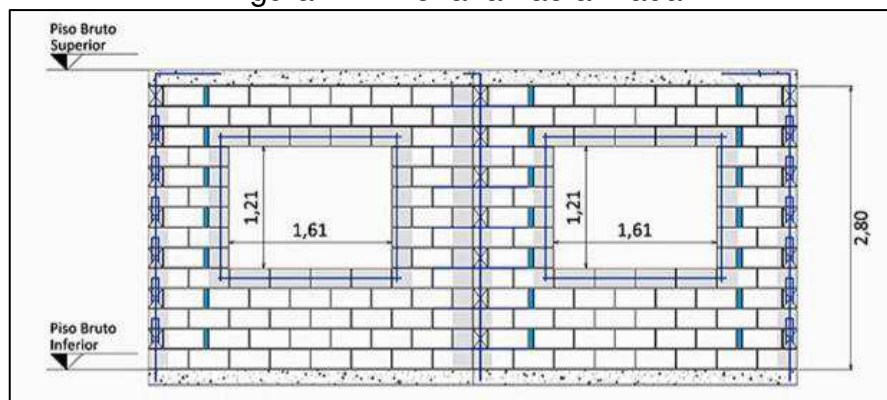
- Abordar aspectos gerais sobre alvenaria estrutural.
- Apresentar especificações, vantagens e desvantagens do uso do método.
- Analisar a escolha da fundação para um edifício residencial em perfis de solo diferentes.
- Apresentar o dimensionamento das fundações.
- Determinar o quantitativo de materiais em cada solução possível, para um estudo comparativo de viabilidade econômica.

4 ALVENARIA ESTRUTURAL

4.1 Tipos de alvenaria estrutural

Alvenaria não armada: As paredes de alvenaria que suportam a estrutura são empregadas sem armação, entretanto existem reforços metálicos, nas vergas de portas e janelas, para evitar futuras patologias (TAUIL & NESE, 2010).

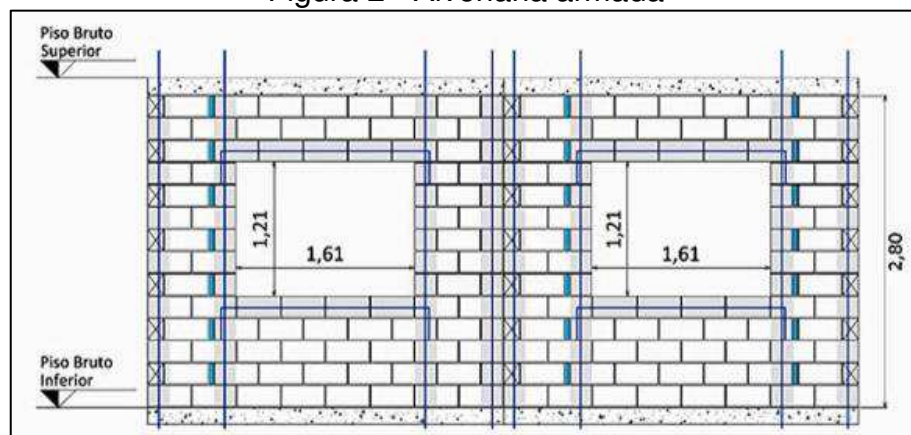
Figura 1 - Alvenaria não armada



Fonte: Tauil & Nesse (2010)

Alvenaria armada: As paredes de alvenaria que suportam a estrutura são empregadas com armação. Além dos reforços metálicos nas vergas de portas e janelas ou nas demais aberturas, são utilizadas fios, barras e telas de aço nos vazios dos blocos e em seguida grauteados (TAUIL & NESE, 2010).

Figura 2 - Alvenaria armada



Fonte: Tauil & Nesse (2010)

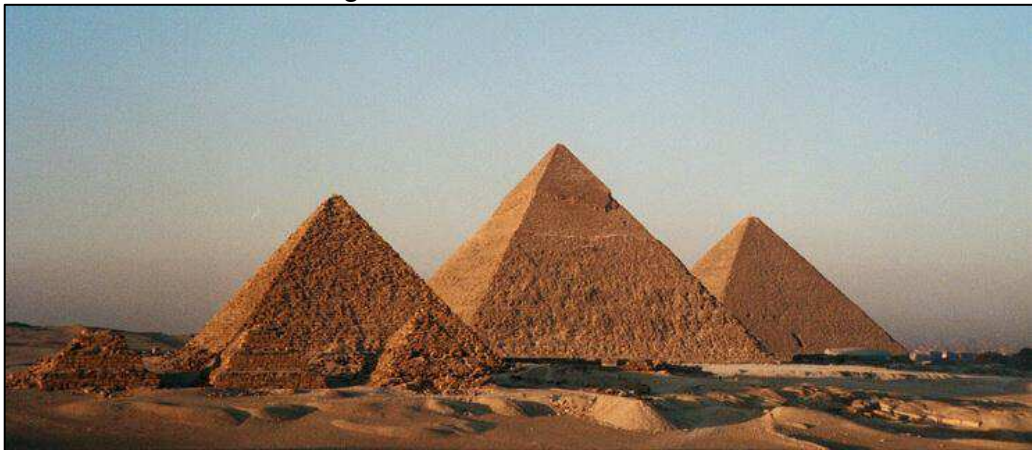
4.2 Aspectos históricos

Ao se analisar a história da humanidade, percebe-se que a Alvenaria Estrutural é um dos mais antigos métodos construtivos, uma vez que há milhares de anos as construções utilizavam a sobreposição de pedras para modular, vedar e sustentar a estrutura. Este sistema apresentava limitações, como a dificuldade vencer grandes vãos e perda de área útil (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

As técnicas construtivas atuais, com a utilização de softwares que realizam análises de tensões, deformações e deslocamentos, ainda na fase projeto, e conhecimentos mais detalhados das características dos materiais utilizados, permitiram que se avançasse em relação as limitações históricas deste método. Entretanto, diversos monumentos e construções perduram até hoje, contribuindo significativamente para história da humanidade e, também, no desenvolvimento do sistema em alvenaria estrutural (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Não são poucos os exemplos de grandes monumentos e construções que utilizaram este método construtivo, como as Pirâmides Guizé, Farol de Alexandria, Coliseo e Catedral de Reims. A Catedral de Notre-Dame de Reims é um exemplo de como as técnicas construtivas foram avançando no decorrer do tempo, pois apesar de todas as limitações, ao se adentrar nessa edificação se tem a sensação de amplitude e grandeza, proporcionada pela utilização de arcos como garantia da não existência de tração significativa na estrutura (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Figura 3 - Pirâmides de Gizé



Fonte: Mundo viagens

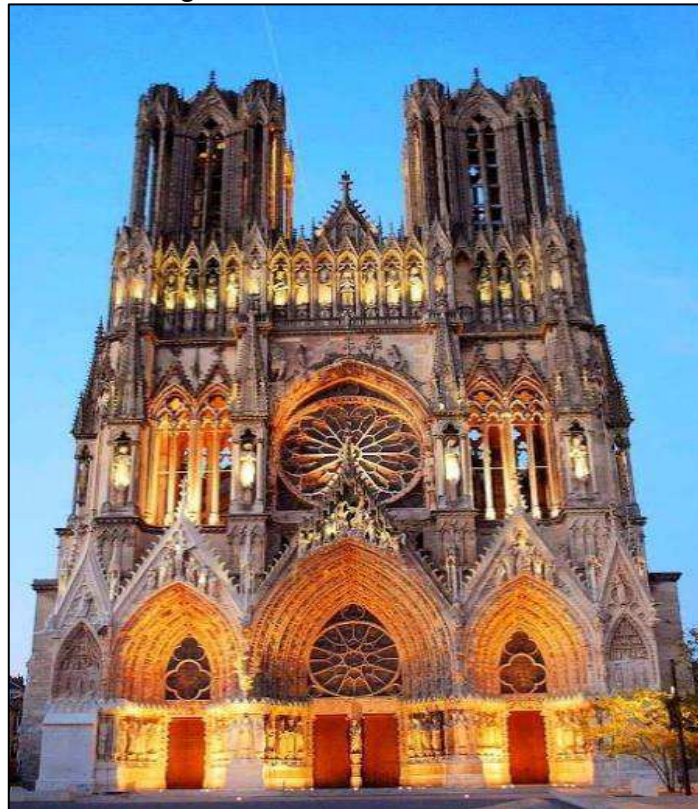
(Disponível em: <http://mundodeviagens.com/piramides-de-gize/>)

Figura 4 - Coliseu romano



Fonte: Toda matéria
(Disponível em: www.todamateria.com.br/coliseu-de-roma/)

Figura 5 - Catedral de Reims



Fonte: Turistando no mundo
(Disponível em: https://www.turistandonomundo.com.br/2016/10/catedral-notre-dame-de-reims-turistando_19.html)

“O sistema construtivo em alvenaria é utilizado no Brasil desde que os portugueses aqui desembarcaram no início do século XVI”. (RAMALHO & CORRÊA, 2003, p. 4). Entretanto no último século o mercado brasileiro foi dominado pelo uso do

concreto simples e armado, com diversos estudos relacionados a interação entre o aço e concreto.

A alvenaria estrutural foi introduzida no Brasil em 1966, em São Paulo, com edifícios de até 4 pavimentos. E posteriormente, em 1972, foi construído, também na capital paulista, o “Central Parque da Lapa” com 4 torres de 12 pavimentos (FREITAS, 2013). Atualmente, com a necessidade crescente de redução de custos e rapidez na execução dos empreendimentos, o sistema em alvenaria com bloco de concreto vazados tem ganhado espaço no mercado como solução de construção de edifícios mais econômicos e racionais.

Figura 6 - Conjunto habitacional central Parque da Lapa



Fonte: Comunidade da Construção
(Disponível em: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural>)

4.3 Vantagens e desvantagens

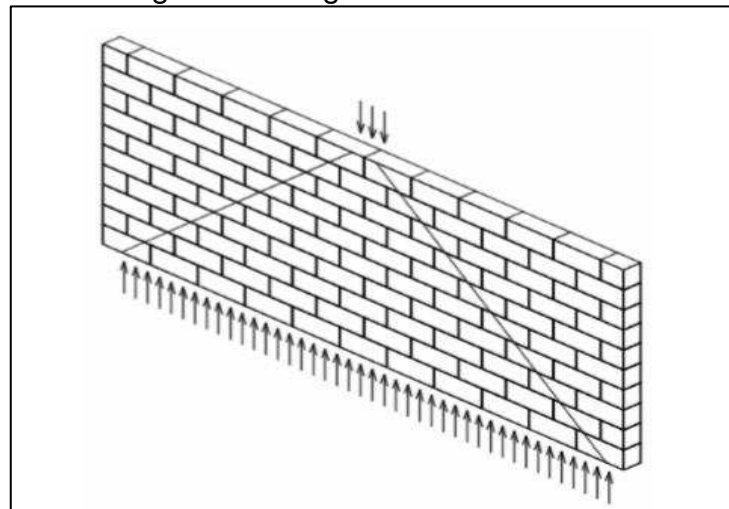
4.3.1 Principais vantagens

- Economia: O custo da estrutura é de 10 a 15% menor quando comparado ao concreto armado (CAMPOS, 2016). Os principais fatores que contribuem para essa economia são: redução de 60 a 90% das formas,

redução de cerca de 50% do aço, redução de 20% do consumo de concreto (FREITAS, 2013).

- Rapidez: “A obra de alvenaria é mais rápida, limpa e segura.” (CAMPOS, 2016, p. 13)
- Racionalização: Maior facilidade na execução das instalações hidráulicas e elétricas, pois as tubulações e eletrodutos podem passar por dentro dos blocos vazados. Menor diversidade de materiais o que facilita no controle da obra e eliminação de possíveis interferências, como passagem de eletrodutos por dentro de vigas (CAMPOS, 2016).
- Distribuição das cargas no solo: É mais uniforme. Diferentemente da estrutura de concreto armado com vedação de blocos cerâmicos, a alvenaria estrutural por ter resistência maior, absorve parte dos esforços e os distribui, numa área maior, para o solo e elementos de fundação (CAMPOS, 2016).

Figura 7 - Carga distribuída no solo



Fonte: CAMPOS (2016)

4.3.2 Principais desvantagens

Nos prédios de estrutura de concreto convencional a alvenaria tem como principal função a vedação, sendo assim, a alvenaria oferece pequenas limitações a arquitetura do projeto. Entretanto, nos prédios de alvenaria estrutural não existe tanta flexibilidade quanto a disposição dos blocos, uma vez que, a alvenaria é um elemento

estrutural importante para absorção e distribuição das cargas, portanto a concepção estrutural pode acabar condicionando o projeto arquitetônico.

Segundo Campos (2016, p. 15) a alvenaria estrutural “impede a execução de reformas que alteram a disposição das paredes estruturais”. Em prédios comerciais ou até mesmo residenciais esta limitação é importante para a escolha do sistema construtivo, pois é comum se alterar a arquitetura das unidades para abertura de vãos, execução de cozinha americana, retirada de um compartimento para aumentar outro, e cabe a construtora especificar essas limitações no manual de operação e manutenção predial.

Outra desvantagem é o efeito arco, que é decorrente do carregamento distribuído da alvenaria, uma vez que a viga-baldrame por ser mais carregada apresenta deformações maiores. E essas deformações podem ser o suficiente para o aparecimento de trincas e fissuras nas paredes. Uma solução para esse problema é a utilização de fundações que transmita as cargas no solo de forma distribuída (Porto, 2010).

4.4 Componentes da alvenaria estrutural

Será disposto neste item os principais componentes para execução da alvenaria estrutural em concordância com a ABNT NBR 8798/1985 e a ABNT NBR 6136/2016, pois é importante a compreensão destes elementos que compõem o método construtivo estudado.

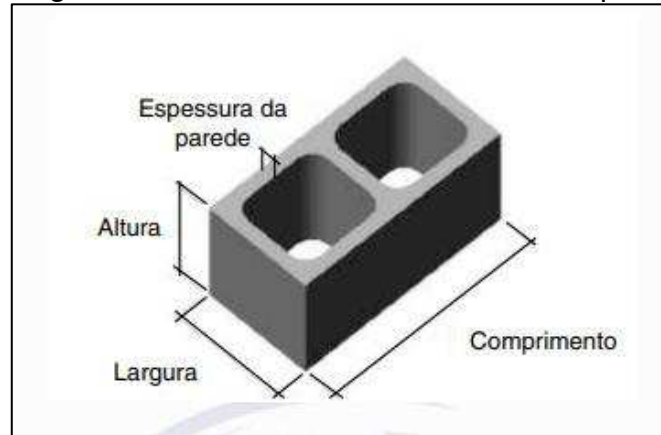
4.4.1 Blocos ou Unidades

Os blocos são os componentes básicos da alvenaria estrutural, pois corresponde 90% dos materiais utilizados na alvenaria. São responsáveis por resistir os esforços mecânicos solicitados e distribuir as cargas para a fundação. No Brasil, os blocos podem ser cerâmicos, de concreto ou silícios-caucários, dispostos em ordem decrescente da utilização (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

4.4.1.1 Tipos de Blocos

Bloco vazado: “componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75 % da área bruta.” (NBR 6136, 2016, p. 1).

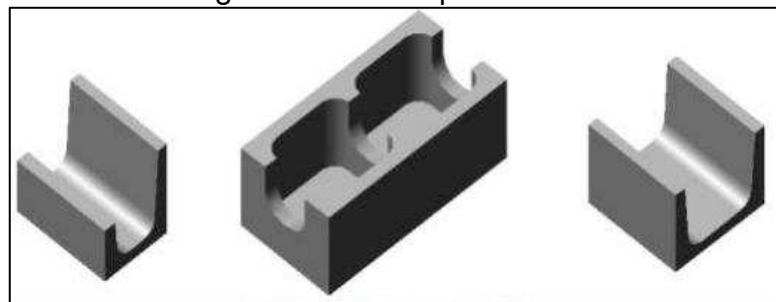
Figura 8 - Bloco Vazado de concreto simples



Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

Bloco canaleta: podem ser vazados ou não, são utilizados para facilitar o grauteamento das vergas, contravergas e cintas (NBR 6136, 2016).

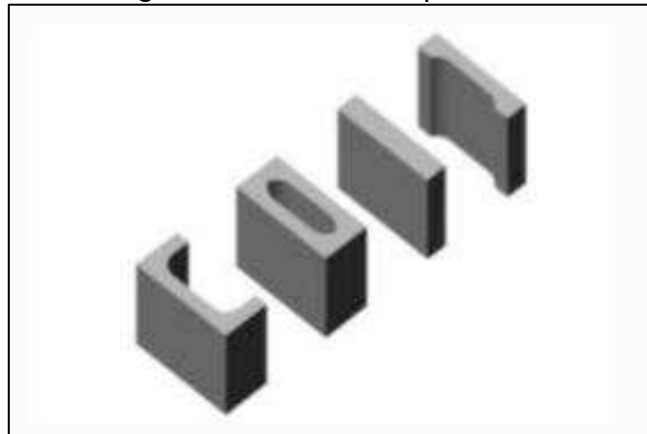
Figura 9 - Bloco tipo canaleta



Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

Bloco compensador: É utilizado para ajustes na modulação da edificação.






















Figura 10 - Bloco compensador



Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

Para a modulação dos blocos é necessário que os diferentes blocos interajam entre si, para isso são criadas famílias de blocos com a mesma altura e largura, porém com comprimentos, formatos e funções diferentes. Na tabela 1, observa-se que todos os blocos tem as duas primeiras medidas iguais, que corresponde a altura e largura, porém o comprimento varia apesar de pertecerem a mesma família.

Tabela 1 - Família 20 x 40

	Componente em planta	Componente em vista	Componente de topo	Componente em corte
Bloco - 19 x 19 x 39				
Meio bloco - 19 x 19 x 19				
Bloco canaleta - 19 x 19 x 39				
Bloco canaleta - 19 x 19 x 19				
Canaleta - 19 x 19 x 19				
Compensador - 19 x 19 x 19				
Compensador - 19 x 19 x 4				

Fonte: TAUIL & NESSE (2010)

Na tabela 1, pode-se observar também que apesar da família do bloco ser 20 x 40, a largura e altura nas legendas são diferentes, isto é em função da diferença entre a classificação modular, nominal e real. Sendo a modular atendendo as

recomendações da ABNT NBR 15873 para determinação das dimensões dos blocos (NBR 6136, 2016).

Exemplo: 2M x 2M x 4M, ou seja, se o módulo básico é 10 cm, então a largura e altura do bloco devem ser o seu dobro e o comprimento o quádruplo. Portanto, as dimensões modulares deste bloco seria 20 x 20 x 40.

Já as dimensões nominais é especificada pelo fabricante, e é um centímetro a menos que as dimensões modulares. Então, para o mesmo exemplo anterior as dimensões nominais seriam 19 x 19 x 39. E as dimensões reais é a medida aferida diretamente dos blocos (NBR 6136, 2016).

Tabela 2 - Dimensões nominais

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Melo	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Mela canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-
	NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento. NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873. NOTA 3 As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.										

Fonte: ABNT NBR 6136 (2016)

4.4.2 Argamassa

A argamassa é um elemento construtivo formado basicamente por cimento, areia, cal e água. Este elemento deve cumprir com as funções de distribuir uniformemente as tensões que atuam sobre a parede, absorver pequenas

deformações que a alvenaria pode estar sujeita, compensar possíveis irregularidades na fabricação dos blocos e unidade de alvenaria e vedar a alvenaria nas juntas entre os blocos para impedir a passagem de água e vento (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Cada componente da argamassa desempenha uma função de acordo com suas propriedades. O cimento atua na resistência a compressão e durabilidade, enquanto a cal aumenta a retenção de água, trabalhabilidade da mistura e dá plasticidade necessária, já a importância da areia é por evitar o assentamento da massa (TAUIL & NESE, 2010).

Tabela 3 - Tipos de traços de argamassa

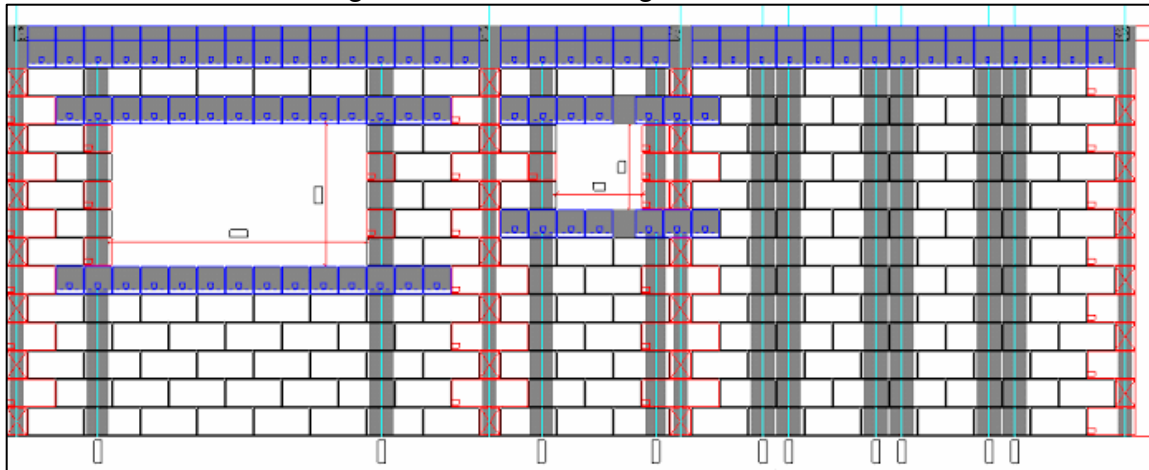
Tipo argamassa	Resistência à compressão mínima (28 dias) MPa	Cimento Portland	Cal hidratada		Areia	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
M	175	1,00	-	0,25	2,81	3,75
S	126	1,00	0,25	-	2,81	3,75
			-	0,5	3,37	4,50
N	53	1,00	0,50	-	3,37	4,50
			-	1,25	5,06	6,75
O	25	1,00	1,25	-	5,06	6,75
			-	2,50	7,87	10,50

Fonte: Tauil & Nesse (2010)

4.4.3 Graute

Segundo Tauil & Nesse (2010, p. 86) “É um concreto com agregados miúdos destinado ao preenchimento dos vazios dos blocos, nos locais especificados pelo projetista da estrutura”. A principal função do graute é aumentar a resistência da alvenaria, para isso o graute é colocado no interior dos blocos vazados juntamente com a armadura em estruturas de alvenaria parcialmente armada ou armada, para que o conjunto resista a esforços que a alvenaria não suportaria sozinha (RAMALHO & CORRÊA, 2003).

Figura 11 - Pontos de grauteamento



Fonte: Altoqi
(Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/content/548/1789/pt-br/como-inserir-graute-no-qialvenaria.html>)

O graute quando usado na vertical serve a aumentar a resistência a compressão em determinados trechos, principalmente nas extremidades de aberturas. E na horizontal resiste aos esforços similares ao que as vigas resistem em estrutura de concreto armado, para isso é importante que o graute, os blocos vazados e a armadura formem um conjunto coeso.

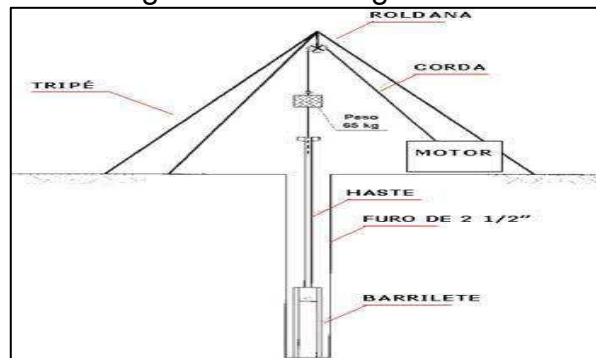
5 ESTRUTURAS DE FUNDAÇÃO

Segundo Azeredo (1977, p. 29) “fundações são os elementos estruturais destinados a transmitir ao terreno as cargas de uma estrutura”. A infraestrutura a ser construída é classificada em dois grupos: fundações diretas ou fundações indiretas. Cabe ao projetista escolher a melhor solução com base nas características do solo.

As propriedades do solo são investigadas através de sondagens como CPT e SPT, esses estudos auxiliam não somente na escolha da fundação, como também em seu dimensionamento, além de prever possíveis “acidentes” como a existência de lençol freático e matacões que podem dificultar o processo construtivo (REBELLO, 2008).

A sondagem SPT (Standart Penetration Test), trata-se de uma sondagem que visa reconhecer o solo antes da execução da fundação. Ela é composta de um “tripé” que deixa suspensa e sujeito a queda um peso de 65 kgf a uma altura de 75 cm, a fim de penetrar no solo 45 cm e, é contado a quantidade de golpes necessários para penetrar nos últimos 30 cm.

Figura 12 - Sondagem SPT



Fonte: Fórum da Construção

(Disponível em:

<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=126>)

Esta quantidade N (golpes) é chamado de SPT, e como mostra a tabela 4, através do SPT se pode prever o tipo de solo e a taxa de solo, ou seja, a sua resistência (REBELLO, 2008).

Tabela 4 - Previsão da resistência do solo através do número N

TIPO DE SOLO	NÚMERO DE GOLPES (SPT)	TAXA DO SOLO (kgf/cm ²)
Areia e Silte	0 a 4	0 a 1
	5 a 8	1 a 2
	9 a 18	2 a 3
	19 a 40	≥ 4
Argila	0 a 2	0 a 0,25
	3 a 5	0,5 a 1
	6 a 10	1,5 a 3
	11 a 19	3 a 4
	≥ 19	≥ 4

Fonte: REBELLO (2008)

5.1 Critérios para a escolha da fundação

Na escolha da fundação deve ser considerado diversos fatores, entre eles os principais são as características geotécnicas do terreno que será feita a edificação e a distribuição das cargas na estrutura. As condições econômicas e técnicas de execução da fundação são, também, aspectos importantes na seleção mais adequada da fundação. Deste modo, os serviços geotécnicos devem estar alinhados aos de engenharia, mesmo em situações mais simples, como em edificações térreas (REBELLO, 2008).

Segundo Rebello (2008, p. 115) para a melhor escolha de fundação é preciso das seguintes informações:

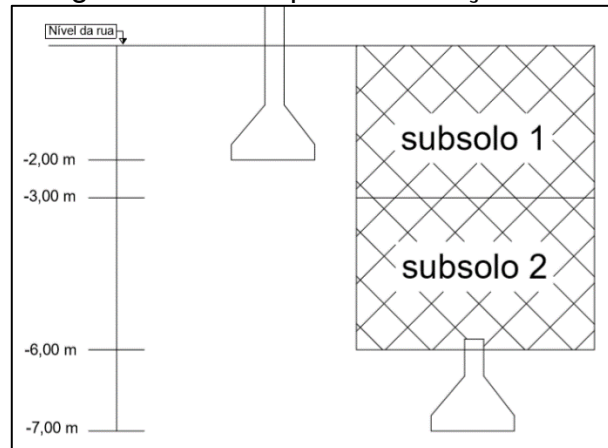
- Conhecer as cargas que serão transmitidas ao solo;
- Possuir em mão os estudos de solos;
- Fundação direta tem custo inferior a fundações profundas;
- A escolha é de acordo com o número do SPT. A fundação direta é mais indicada quando o SPT é igual ou superior a 8 golpes numa profundidade de até 2 m. Caso contrário será indicado por questões econômicas fundação profunda;
- Dentre as opções de fundação direta, tem-se as sapatas, que podem ser isoladas ou corridas. As sapatas isoladas são mais indicadas quando as cargas são concentradas e as sapatas corridas em cargas distribuídas;
- Entre as opções de fundação profunda, tem-se a broca, que apesar do custo mais baixo apresenta limitações como: comprimento da broca não pode ser superior a 6 metros e carga do pilar menor ou igual a 40tf;
- Outras opções de fundações profundas são as estacas Strauss, escavada mecanicamente com trado espiral, pré-moldada de concreto, hélice contínua, Franki e etc.

5.2 Fundações Superficiais

As fundações rasas também podem ser chamadas de diretas. São um tipo de infraestrutura que se apoia sobre o solo com uma profundidade pequena, podendo

ser de até 2 metros, entretanto uma fundação mesmo que esteja a 7 metros em relação ao nível da rua pode ser considerada rasa, desde que a edificação possua subsolo como exemplificado na figura 13. Por isso, é imprescindível que o solo mesmo nas primeiras camadas tenha resistência suficiente para suportar o peso da estrutura (HACHICH, *et al.*, 1998).

Figura 13 - Exemplo de fundação rasa

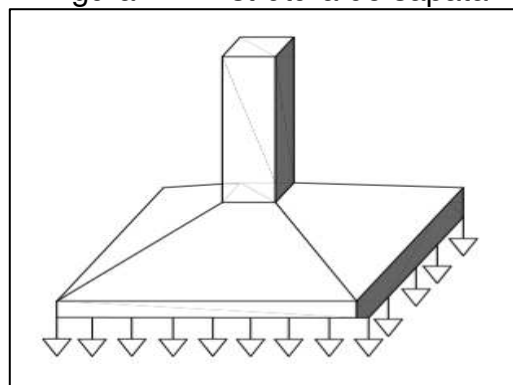


Fonte: Autor (2019)

5.2.1 Sapatas

A sapata é um tipo de fundação direta que transfere o peso da estrutura através de uma base larga ao solo, como segue abaixo:

Figura 14 - Estrutura de sapata

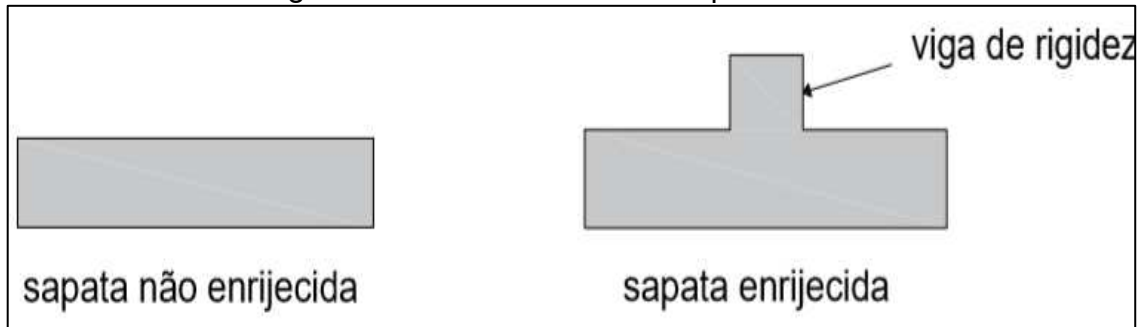


Fonte: Autor (2019)

Em edificações de alvenaria estrutural a sapata corrida pode ser uma solução muito eficiente, pois a função da sapata corrida é levar ao solo cargas

linearmente distribuídas e como neste sistema construtivo as paredes distribuem as cargas de maneira mais uniforme que nos prédios de concreto convencional, é viável a sua utilização. Entretanto, o solo por não ser perfeitamente homogêneo pode apresentar recalques ao longo da sapata, por isso é comum a utilização de uma viga de travamento para aumentar a sua rigidez (REBELLO, 2008).

Figura 15 - Detalhamento de sapata corrida



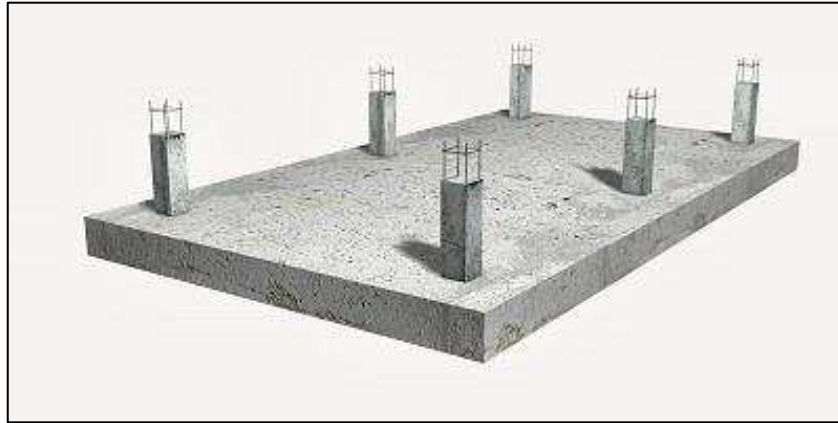
Fonte: Rebello (2008)

5.2.2 Radier

“Denomina-se radier à placa única de concreto armado que se estende por toda área da fundação e sobre a qual se apoiam todos os pilares e paredes estruturais, cujas as cargas são transmitidas ao solo ao longo de toda a área desse radier.” (REBELLO, 2008, p.66).

O radier é considerado como fundação direta, pois fica nas primeiras camadas de solo. E também pode ser analisado como uma sapata de grandes dimensões (HACHICH, *et al.*, 1998). O radier pode ser aplicado tanto em solos com grande resistência ou em solos com resistência mais baixas, por isso é muito indicado em construções em alvenaria estrutural, pois além de distribuir uniformemente as cargas ao solo, ele pode ser aplicado em situações onde a fundação profunda não é tão indicada, como em casos em que o lençol freático está nas primeiras camadas do terreno.

Figura 16 - Radier



Fonte: Link Construtora

(Disponível em: <https://www.linkenge.com.br/arquivos/1687>)

O radier é muito indicado em construções populares, que em muitos casos são de alvenaria estrutural, pois a alvenaria é sobreposta diretamente acima do radier, nesses casos o radier pode servir como contrapiso.

5.3 Fundações profundas

Quando não há tecnicamente viabilidade para execução de fundações superficiais, as opções são as fundações profundas, que geralmente são utilizadas em solo com resistência baixa nas primeiras camadas do solo. Entretanto, essas fundações são geralmente mais onerosas, pois envolvem técnicas mais elaboradas de escavação (REBELLO, 2008).

Existem basicamente dois tipos de fundações profundas, que são as estacas e os tubulões. Embora eles tenham o mesmo princípio de funcionamento, transmitir em camadas mais profundas os esforços da estrutura, existem diferenças em relação a execução.

5.3.1 Estacas

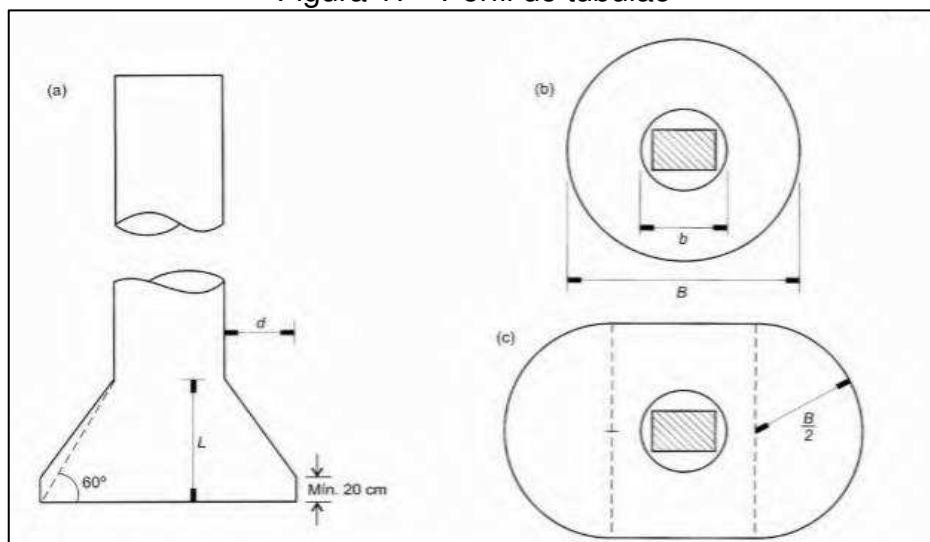
As estacas podem ser classificadas basicamente em dois tipos, o primeiro é quanto ao material, podendo ser de madeira, concreto, aço ou mistas. E o segundo quanto ao processo construtivo, que é de deslocamento ou substituição. De

deslocamento é quando são cravadas estacas e o solo é deslocado para a estaca ocupar o espaço. E as estacas de substituição é quando o solo é escavado, retirado o material e substituído a estaca no local, nesse caso há uma redução das tensões horizontais (VELLOSO & LOPES, 2010).

5.2.2 Tubulões

Os tubulões são geralmente utilizados em edificações de médio e grande porte, pois são projetados para cargas consideráveis de superestrutura. Para a execução do tubulão, em alguma fase um operário necessita descer pelo seu interior para alargar sua base e fazer a limpeza necessária para receber o concreto (VELLOSO & LOPES, 2010). Esses alargamentos podem terminar numa base circular ou elíptica.

Figura 17 - Perfil do tubulão



Fonte: Veloso & Lopes (2010)

6 CAPACIDADE DE CARGA

Para construir uma fundação é preciso que a tensão admissível do solo na camada de assentamento seja superior a tensão solicitante da superestrutura. Por isso, foram desenvolvidos diversos métodos cálculo de capacidade de cargas, tanto para fundações superficiais quanto fundações profundas. Este capítulo fará uma descrição dos métodos de estimativa de capacidade de carga utilizados neste trabalho.

6.1 Modelo Urbano Alonso – Fundações superficiais

Para a determinação da taxa de solo (σ_s) em fundações superficiais será utilizado o método de Urbano Alonso, que é descrito pela seguinte fórmula:

$$\sigma_s = \frac{Nméd}{5} \times 100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$Nméd \leq 20$$

O $Nméd$ é a média dos números de golpes abaixo do bulbo de tensões (z). No método adotado, o bulbo de tensões é a profundidade de duas a três vezes a dimensão da base da fundação. Considerando que um radier é uma sapata que tem uma base de grande extensão, então será utilizado o mesmo método para determinação da capacidade de carga do radier (REBELLO, 2008).

$$z = 2B \text{ ou } z = 3B$$

Sendo B , a largura estimada da base da sapata. Entretanto, em fundações do tipo radier o cota do bulbo de tensões (z) será a menor dimensão do radier.

Entretanto o método de Urbano Alonso apresenta limitação quanto o número de golpes médios, por isso podem ser utilizados outros métodos para auxiliar na previsão de capacidade de carga.

Uma maneira rápida de relacionar os valores das sondagens e a taxa de solo é a fórmula empírica abaixo: (REBELLO, 2008).

$$\sigma = \sqrt{N} - 1$$

6.2 Modelo de Décourt – Quaresma – Fundações profundas

Para fundações profundas será utilizado o método Décourt-Quaresma, que foi criado em princípio para estacas pré-moldadas de concreto, o qual foi considerado como a estaca de referência. Entretanto foram introduzidos coeficientes de tipo de estacas e solo para que o método inserisse outros modelos de estacas (Veloso & Alonso).

Neste modelo são considerados duas parcelas que compõem a capacidade de carga total (Q), uma se refere ao atrito lateral da estaca com o solo (Q_f) e a outra refere a carga na ponta da estaca (Q_p) descritas abaixo:

$$Q = \frac{Q_f}{1,3} + \frac{Q_p}{4}$$

Sendo:

$$Q_f = A_{fuste} \cdot q_l \cdot \beta$$

$$Q_p = N_p \cdot A_p \cdot \alpha \cdot K$$

A_{fuste} = área do fuste (perímetro da circunferência x comprimento da estaca).

$$q_l = \frac{N_{méd}}{3} + 1$$

$N_{méd}$ = média dos valores do SPT ao longo do comprimento do fuste.

N_p = Valor de SPT na ponta da estaca.

A_p = área da ponta.

α e β são valores empíricos para adaptação do método a diversos tipos de estacas e solo, respectivamente.

K é o coeficiente de solo.

7 METODOLOGIA

Este trabalho pretende elaborar um estudo sobre a escolha e dimensionamento da fundação em um prédio de alvenaria estrutural, buscando reunir referenciais teóricos em teses de mestrado, doutorados, artigos e livros. A fim de promover uma análise com clareza das especificações construtivas deste método.

Primeiramente, com as informações adquiridas, será feito um apanhado histórico da alvenaria estrutural e um procedimento teórico das especificações técnicas, elaborando um passo a passo de todo processo de execução da alvenaria estrutural. Em seguida, é apresentado as vantagens e limitações deste método quando comparado com o sistema construtivo de concreto convencional.

Analisar e estudar os tipos de soluções de fundações, os parâmetros de cálculos e a influência do sistema construtivo na escolha da fundação.

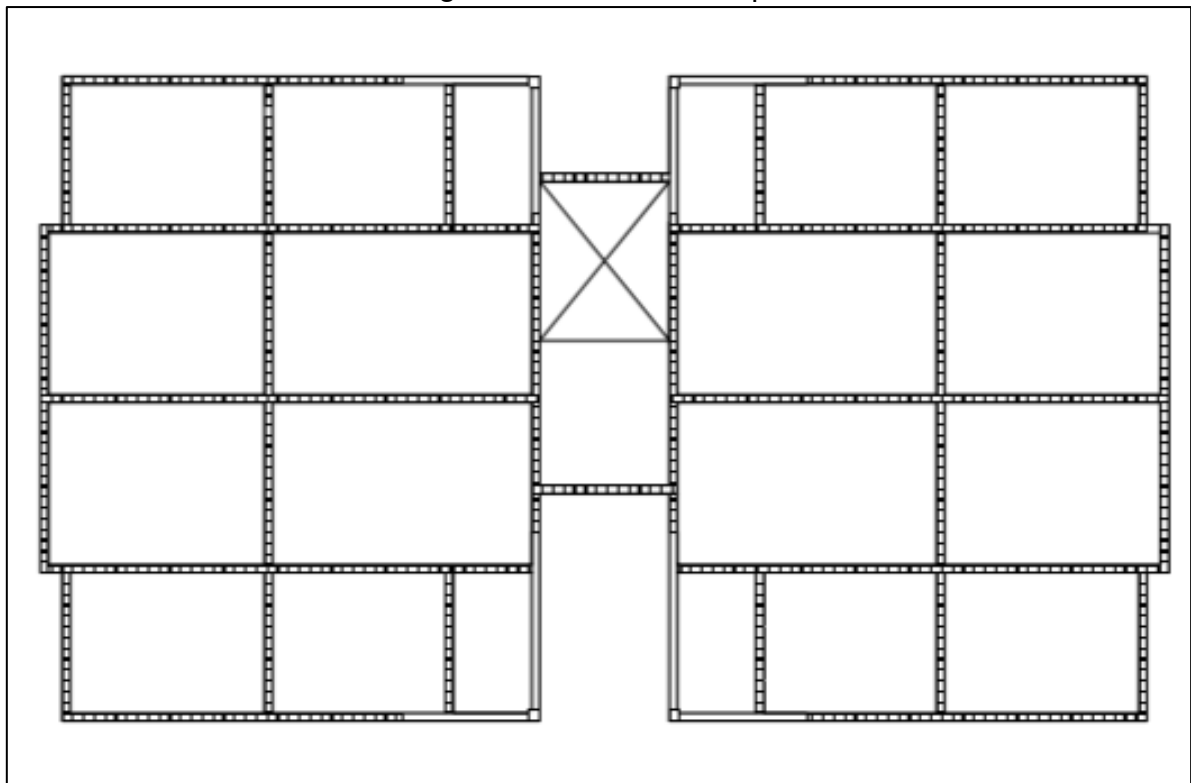
Por fim, utilizando de recursos tecnológicos e computacionais para elaboração dos projetos e dimensionamento das estruturas, tendo em vista a necessidade de soluções que destaquem a redução de gastos, otimização de tempo sem comprometer a segurança das obras.

8 MODELAGEM DO EDIFÍCIO

O edifício-modelo foi baseado no condomínio D'italy Residence, que pertence a Dimensão Engenharia e Construção LTDA. É um edifício de 4 pavimentos, sendo térreo e mais 3 andares, construído em alvenaria estrutural.

Foi colocado a disposição deste trabalho apenas o projeto arquitetônico, que serviu como base para a modulação no programa Cypecad, entretanto o projeto exposto neste trabalho não obedece todas as especificações de projeto da Dimensão Engenharia e Construção LTDA.

Figura 18 - Pavimento tipo



Fonte: Cedido pela Dimensão Engenharia e Construção LTDA

Com base no pavimento tipo foi feita uma nova modelagem da alvenaria de blocos vazados com auxílio do programa Cypecad (versão 2017).

8.1 Ação do Vento

Segundo Pitta (1987, p. 01) “o vento o movimento de massa de ar, causado por condições de pressão e de temperatura na atmosfera”. As informações sobre as características do fluxo de ar são necessárias para o cálculo dos efeitos do vento nas construções, para isso são necessários estudos meteorológicos.

Portanto, a ABNT NBR 6123 (1988) – Forças devidas ao vento em edificações – estabelece os parâmetros necessários para a determinação da ação do vento na estrutura das construções. Deste modo, no programa Cypecad foram lançadas as variáveis necessárias para determinação das cargas do vento em concordância com a norma.

A pressão dinâmica do vento é definida pela equação:

$$q = 0,613V_k^2$$

Sendo V_k é a velocidade característica do vento, determinada pela seguinte equação:

$$V_k = V_0 \cdot S1 \cdot S2 \cdot S3$$

Figura 19 - Determinação da ação do vento no programa Cypecad

NBR 6123. Forças devidas ao vento em edificações

Ação de vento segundo X + X 1.00 - X 1.00

Ação de vento segundo Y + Y 1.00 - Y 1.00

Larguras de faixa: Y 12.00 X 21.00 Por planta

Velocidade Básica: 39.0 m/s

Categoria: II

Classe: B

Fator Probabilístico: Grupo 2

Fator Topográfico +x: 1.0

Fator Topográfico -x: 1.0

Fator Topográfico +y: 1.0

Fator Topográfico -y: 1.0

Fonte: Autor (2019)

As dimensões das faixas nas direções X e Y foram determinadas utilizando o comprimento das faixadas do condomínio D'Italy Residence. Já a velocidade básica V_0 utilizada nos cálculos é definida pelo mapa eólico do Brasil.

$$V_0 = 39 \text{ m/s}$$

Para determinação do S_1 , são utilizados as informações topográficas do terreno. Na edificação em questão foi adotado $S_1 = 1$, para terrenos pouco acidentados.

Na determinação do fator S_2 são considerados as categorias de rugosidade e classificação das edificações.

Tabela 5 - Categorias de rugosidade

Categorias de rugosidade	
Categoria	Descrição
I	Superfícies lisas e de grandes dimensões, com mais de 5km de extensão, medida no sentido do vento incidente.
II	Terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas. A média de altura dos obstáculos é de 1m.
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, poucos quebra-ventos de árvores, edificações baixas e esparsas. Os obstáculos têm média de altura de 3m.
IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada. Obstáculos com média de altura igual a 10m.
V	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos, grandes, altos e pouco espaçados. Os obstáculos são considerados com altura superior a 25m.

Fonte: ABNT NBR 6123 (1988)

Tabela 6 - Classificação das edificações

Classificação das edificações	
Classe	Descrição
A	Toda a edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20m.
B	Toda edificação ou parte de edificação para qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20m e 50m.
C	Toda edificação ou parte da edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50m.

Fonte: ABNT NBR 6123 (1988)

O fator estatístico S_3 considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação.

Tabela 7 - Determinação do fator estatístico

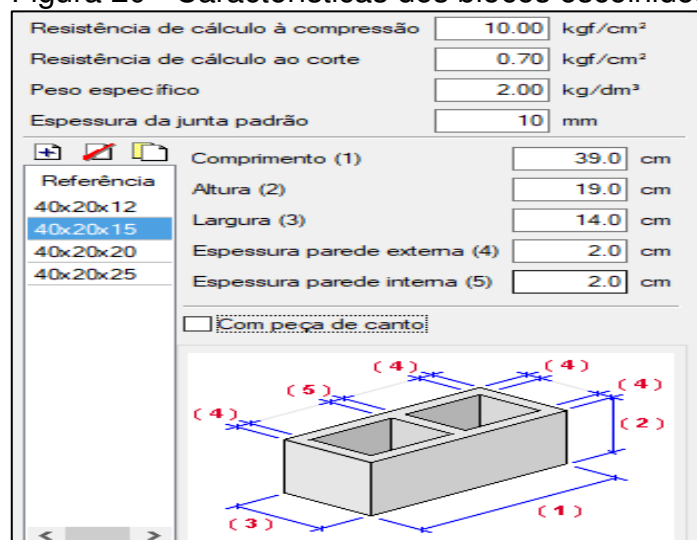
Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: ABNT NBR 6123 (1998)

8.2 Modulação das paredes estruturais

Para a modulação das paredes estruturais foi escolhido o tipo de bloco, sendo bloco vazado de concreto. A família de bloco escolhido foi a 40x20x15, sendo 39 o comprimento nominal do bloco, 19 altura e 14 a espessura.

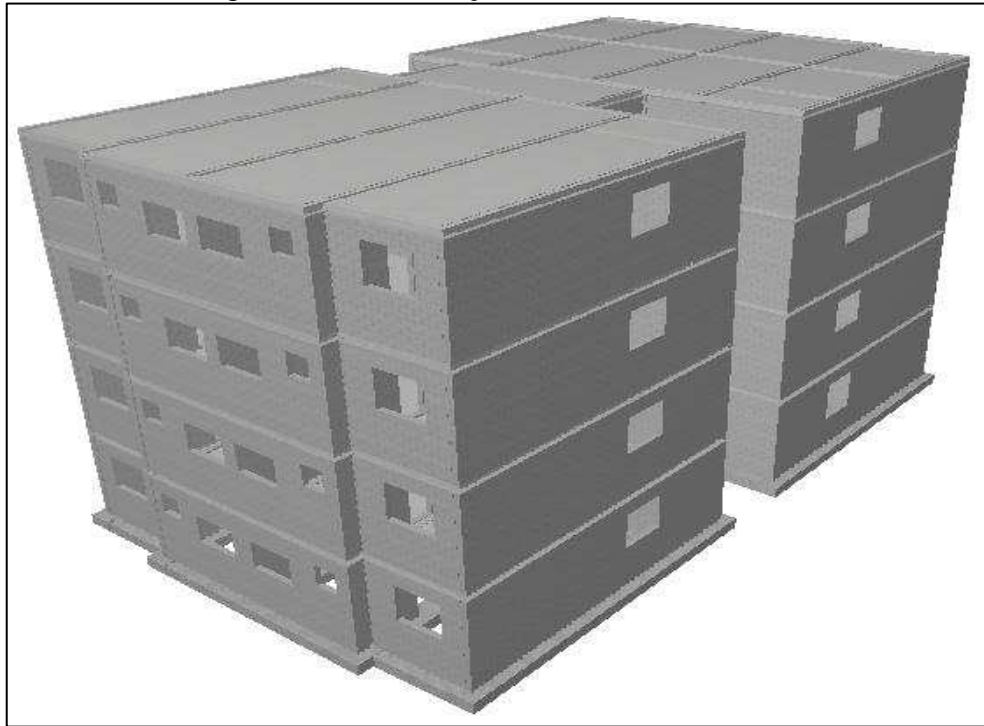
Figura 20 - Características dos blocos escolhidos



Fonte: Autor (2019)

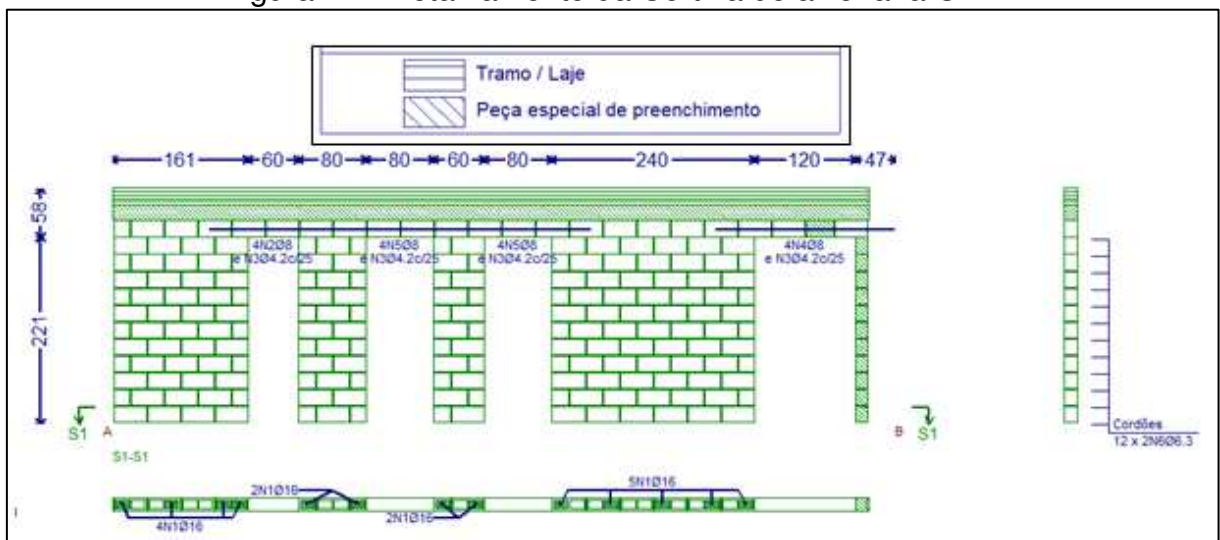
Em seguida são lançadas as paredes estruturais sobre a arquitetura e copiado as cortinas de paredes para os demais pavimentos, para depois lançar as aberturas como janelas, basculantes de banheiro, basculante de cozinha e portas. Sendo sempre possível verificar a geometria do prédio em 3D.

Figura 21 - Modulação em três dimensões



Fonte: Autor (2019)

Figura 22 - Detalhamento da Cortina de alvenaria C17



Fonte: Autor (2019)

9 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Foram considerados duas sondagens de solo para o dimensionamento das fundações. Um solo considerado bom, o que é mais provável uma fundação superficial e um solo ruim, que é propício a execução de fundações profundas. Entretanto, para a escolha da fundação é preciso analisar diversos fatores, sendo que os principais são as características e valores de distribuição de cargas nas infraestruturas e a capacidade de carga do solo.

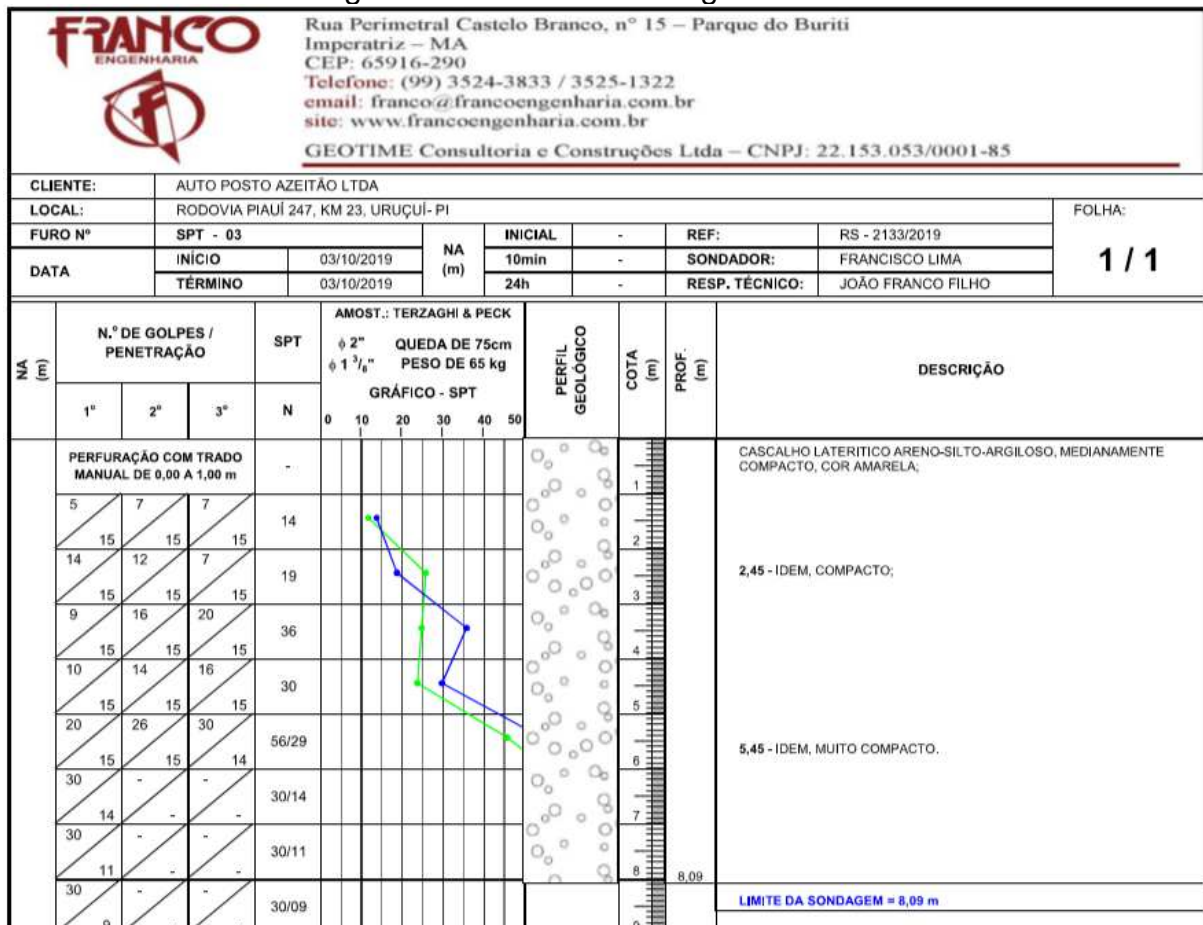
Mesmo com auxílio do programa Cypecad para o dimensionamento das estruturas de fundações, se faz necessário sobretudo fazer um pré-dimensionamento da infraestrutura e analisar a capacidade de carga.

9.1 Soluções de fundações para a sondagem SPT - 03

Para o dimensionamento da fundação foi utilizado a sondagem SPT-03 cedida pela Franco Engenharia. O solo em questão é considerado bom, pois com 2 metros de profundidade apresenta uma boa resistência.

Esse trabalho trata de uma simulação de cálculo, visando justificar a escolha das fundações de um prédio quando submetidos a diferentes tipos de solo, por isso mesmo que a sondagem seja na cidade de Imperatriz não foram alterados características como as ações do vento e nem a quantidade de furos de sondagens, que variam, respectivamente, de acordo a região da cidade no mapa eólico e área projetada do terreno que receberá a edificação. Todavia, foram cedidos três pontos de sondagens pela Franco Engenharia e o ponto de sondagem escolhido foi o que apresentou o SPT médio menor.

Figura 23 - Perfil de Sondagem SPT - 03



Fonte: cedida pela Franco Engenharia (2019)

A estrutura em alvenaria estrutural tem diferenças importantes em relação a distribuição de cargas quando comparado a estruturas de concreto armado, de aço e madeiras, pois nestes casos há predominância de pórticos, desta maneira as cargas são transferidas das lajes para vigas, das vigas para os pilares, que por fim transferem predominantemente cargas pontuais ao solo. Entretanto, em prédios de alvenaria estrutural é comum o uso de sapatas e radiers como solução de fundação, pois são estruturas que transferem ao solo cargas linearmente distribuídas (REBELLO, 2008). Portanto, as soluções mais adequadas para o SPT-03 são as sapatas corridas e radier.

Desta maneira, foi feito o dimensionamento dos dois tipos de fundações mencionados acima, para um estudo comparativo de viabilidade econômica.

9.1.1 Sapata corrida

Para o cálculo da capacidade de carga, utilizou-se o método de Urbano Alonso para fundações superficiais. Deste modo, foi estipulado um valor para a base da sapata de 50 cm, para que fosse calculado a profundidade do bulbo de tensões.

$$z = 3 \times 0,50$$

$$z = 1,5m$$

A cota estimada do bulbo de pressão é 1,5 metro abaixo da cota de assentamento. Logo, $N_{méd}$ para essa profundidade é 14 golpes, satisfazendo o limite de golpes do método $N_{méd} \leq 20$.

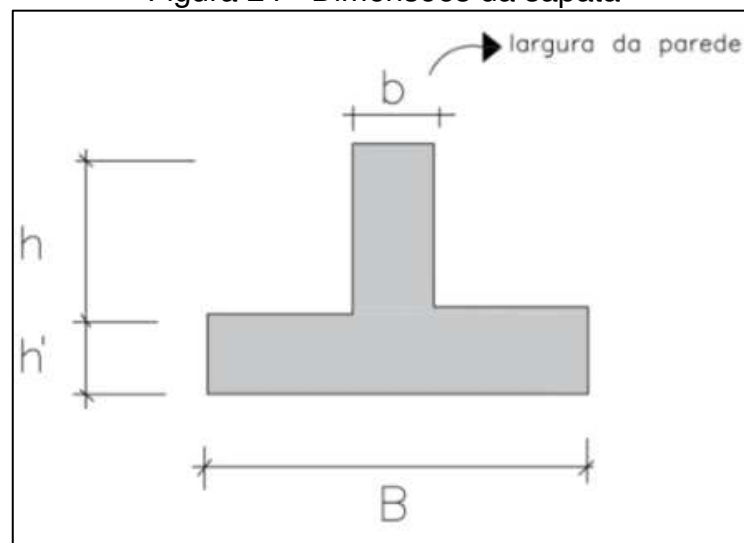
$$\sigma_s = \frac{14}{5} \times 100$$

$$\sigma_s = 280 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_s = 2,8 \text{ kgf/cm}^2$$

Com esta capacidade de carga foi possível fazer um pré-dimensionamento de acordo com Rebello (2008, p. 52) disposto abaixo:

Figura 24 - Dimensões da sapata



Fonte: Rebello (2008)

Sendo:

n = número de pavimentos suportados pela fundação.

$$h = 2h'$$

$$h' = 20\%B$$

$$B = \frac{(n \cdot 25)}{\sigma_s}$$

$$B = 35 \text{ cm}$$

$$b = 15 \text{ cm}$$

$$h' = 7 \text{ cm (valor mínimo de 10 cm), logo } h' = 10 \text{ cm}$$

$$h = 20 \text{ cm}$$

Em seguida foi feito o dimensionamento das sapatas com auxílio do programa e as seguintes alterações na geometria foram observadas:

Figura 25 - Geometria da sapata

Geometria	
Balanço à esquerda	: 25.0 cm
Balanço à direita	: 25.0 cm
Largura total	: 65.0 cm
Altura da sapata	: 30.0 cm

Fonte: Autor (2019)

Percebe-se que apenas houve alteração na largura da base inferior da sapata (B). Assim sendo, é necessário verificar a capacidade de carga novamente, pois terá mudanças na profundidade do bulbo de tensões.

$$z = 3 \times 0,65$$

$$z = 1,95 \text{ cm}$$

Portanto, esta cota deve ser somada com a altura da sapata, para verificar a cota do bulbo de tensões.

$$C_b = h' + h + z$$

$$C_b = 10 + 20 + 1,95$$

$$C_b = 2,25 \text{ m}$$

O Nméd nesta cota é de 16,5 golpes, que foi arredondado para 17 golpes.

$$\sigma_s = \frac{17}{5} \times 100$$

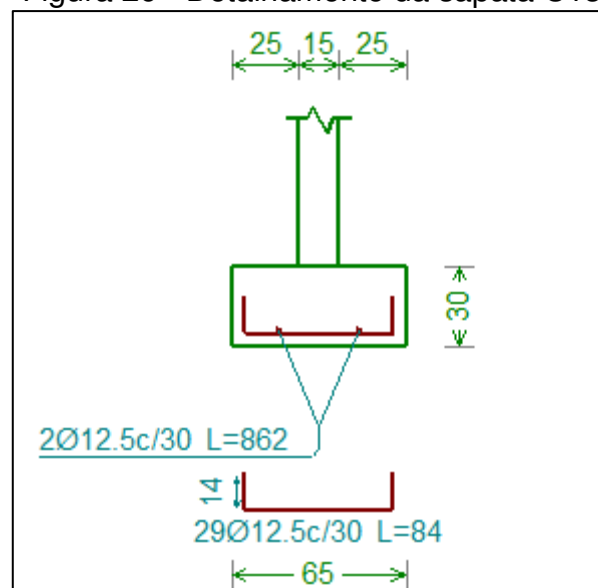
$$\sigma_s = 340 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_s = 3,4 \text{ kgf/cm}^2$$

Observa-se que com a alteração na cota de bulbo de tensões a capacidade de carga do solo para a nova largura da base da sapata é ainda maior que a pré-dimensionada, por isso não há necessidade de novas verificações, uma vez que a tensão admissível do solo aumentou com a nova largura de sapata.

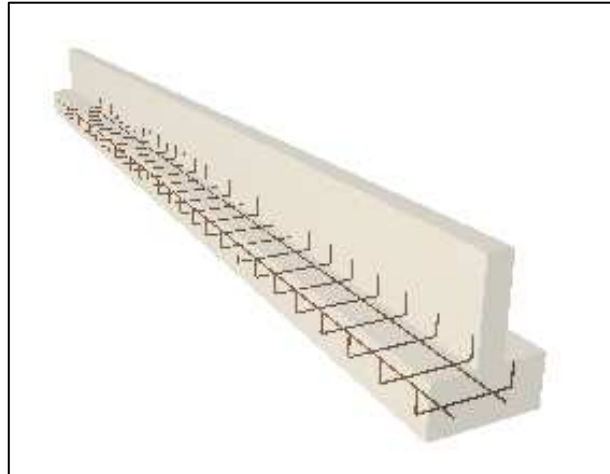
Foram obtidos os relatórios de cálculo, detalhamentos das armações, e quantidades de aço, concreto e formas da fundação. E percebido que todas as sapatas apresentavam as mesmas armações e largura das bases, com excessão das C21 e C48, por isso a opção adotada foi de rearmar essas sapatas para facilitar no processo construtivo.

Figura 26 - Detalhamento da sapata C13



Fonte: Autor (2019)

Figura 27 - Sapata corrida detalhada em 3D



Fonte: Autor (2019)

Tabela 8 - Quantitativo de materiais das sapatas corrida

Elemento	CA-50 (kg)	Concreto (m³)		Fôrmas (m²)
	Ø12.5	C25, em geral	Limpeza	
Referência: C10	44.24	1.71	0.57	5.27
Referência: C12	135.28	2.30	0.77	7.08
Referência: C13	44.08	1.70	0.57	5.22
Referência: C14	13.34	0.51	0.17	1.56
Referência: C16	31.87	1.23	0.41	3.78
Referência: C19	13.27	0.50	0.17	1.53
Referência: C20	13.33	0.50	0.17	1.55
Referência: C22	13.34	0.51	0.17	1.56
Referência: C23	13.34	0.51	0.17	1.56
Referência: C24	46.57	0.78	0.26	2.40
Referência: C25	24.24	0.94	0.31	2.88
Referência: C27	45.28	1.73	0.58	5.31
Referência: C28	29.93	0.51	0.17	1.56
Referência: C37	13.66	0.54	0.18	1.65
Referência: C38	44.08	1.70	0.57	5.22
Referência: C43	29.93	0.51	0.17	1.56
Referência: C45	20.92	0.79	0.26	2.44
Referência: C46	13.34	0.51	0.17	1.56
Referência: C47	29.93	0.51	0.17	1.56
Referência: C49	13.34	0.51	0.17	1.56
Referência: C50	20.77	0.78	0.26	2.40
Referência: C51	54.25	0.94	0.31	2.88
Referência: C52	12.03	0.47	0.16	1.44
Referência: C3	13.18	0.49	0.16	1.51
Referência: C26	16.29	0.61	0.20	1.89
Referência: C29	15.09	0.59	0.20	1.80
Referência: C30	29.93	0.51	0.17	1.56
Totais	794.85	22.84	7.61	70.29

Fonte: Autor (2019)

9.1.2 Radier

Para a determinação da capacidade de carga do radier será utilizado, também, o método de Urbano Alonso. Adotando a cota do bulbo de pressão sendo a menor dimensão do radier.

$$z = 11 \text{ metros}$$

Entretanto, pode-se observar que o limite de sondagem é de 8,09 metros, portanto, adota-se $z = 8$ metros, para efeitos de cálculos.

$$N_{méd} = \frac{14 + 19 + 36 + 30 + 30 + 56 + 30 + 30 + 30}{8}$$

$$N_{méd} = 34$$

O $N_{méd}$ é superior ao limite estabelecido pelo método que é de $N_{méd} \leq 20$.

Portanto, será utilizado o método empírico segundo Rabello (2008, p. 33) disposto abaixo:

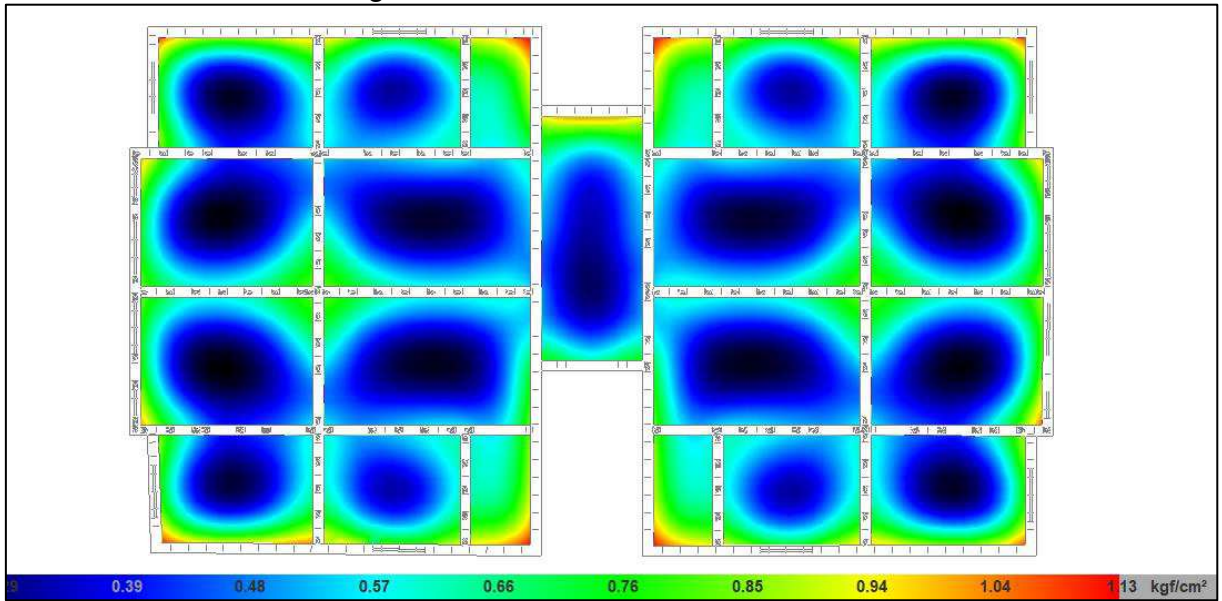
$$\sigma_s = \sqrt{N} - 1$$

$$\sigma_s = \sqrt{34} - 1$$

$$\sigma_s = 4,8 \text{ kgf/cm}^2$$

Após a verificação da capacidade de carga é feito um pré-lançamento das lajes de fundação para que seja calculado a armadura e verificado a espessura do radier. Foi lançado um radier com espessura de 20 cm, que atendeu as especificações de cálculo de armadura.

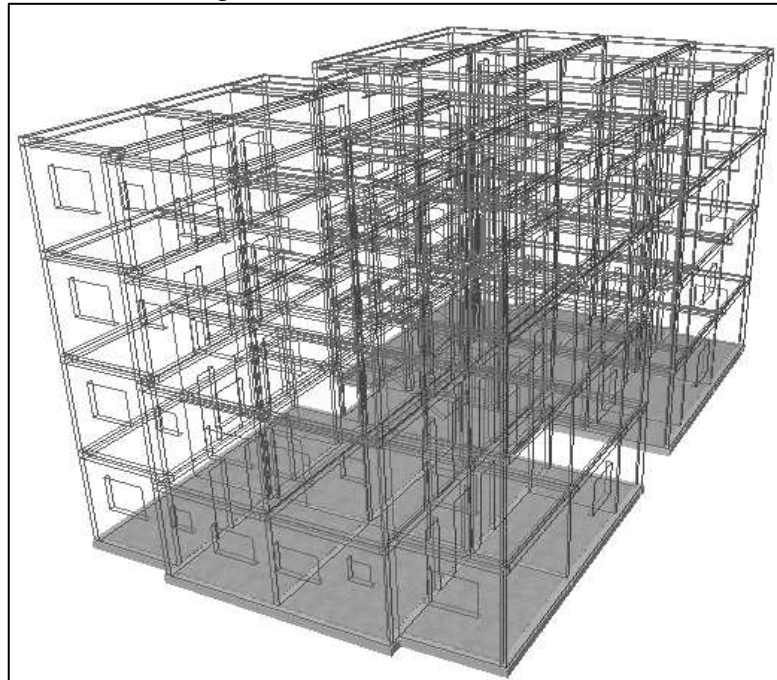
Figura 28 - Tensões do radier no solo



Fonte: Autor (2019)

Com auxílio do programa cypecad, pode-se observar que as tensões do radier no solo são inferiores a tensão admissível do solo, ou seja, o solo resiste aos esforços solicitantes.

Figura 29 - Vista 3D do radier



Fonte: Autor (2019)

Tabela 9 - Quantitativo de materiais do radier

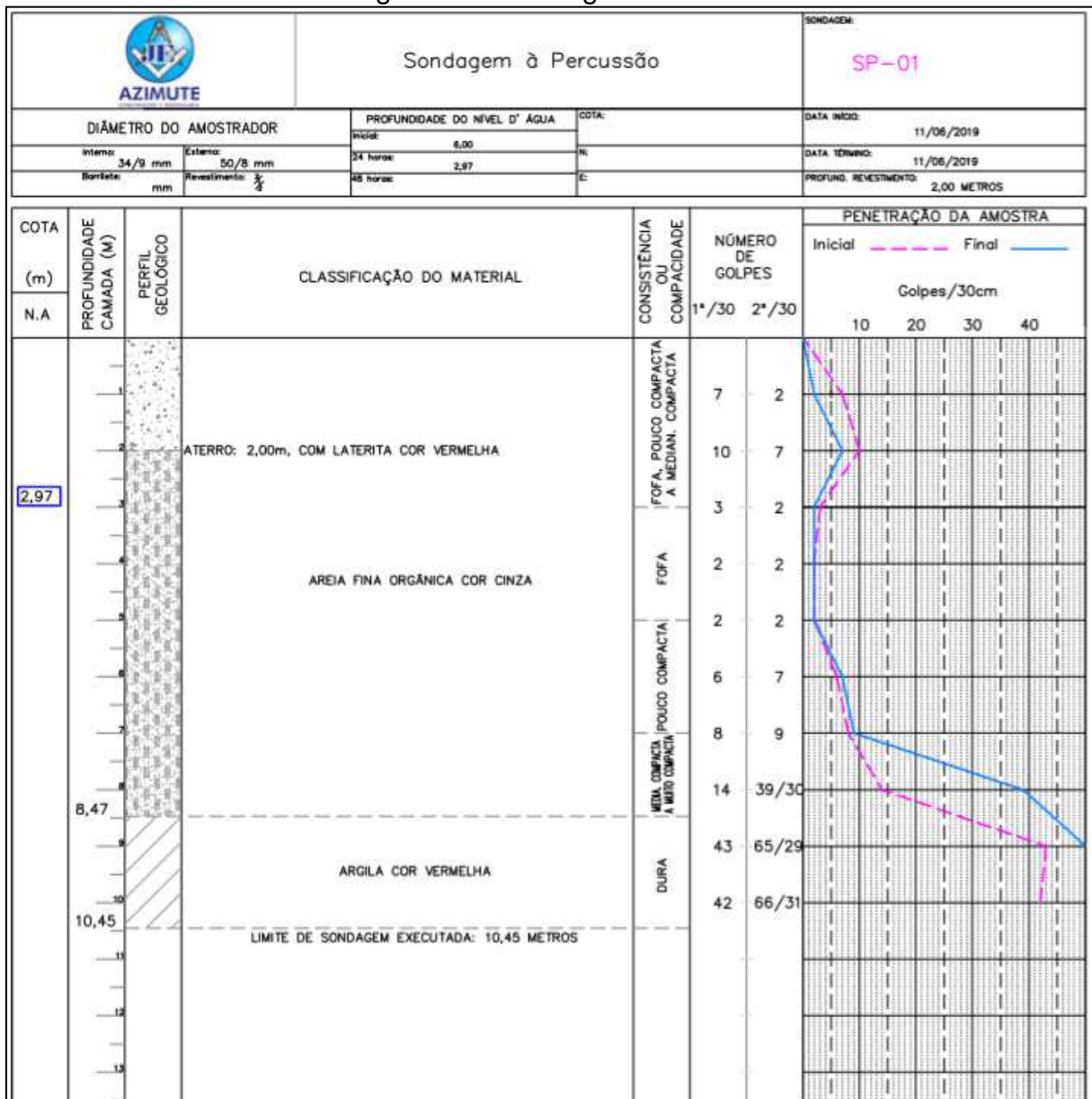
Elemento	Formas (m ²)	Volume (m ³)	Barras (kg)
LAJES	191.58	38.32	2600
Vigas: fundo	42.77	11.00	464
Forma lateral	32.20		
Pilares (Sup. Formas)	0.00		
Total	266.55	49.32	3064
Índices (por m ²)	1.137	0.210	13.07

Fonte: Autor (2019)

9.2 Soluções de fundações para a sondagem SP-01

Para o dimensionamento da fundação foi utilizado o SP-01 cedido pela Azimude Construções e Engenharia. O solo em questão é considerado ruim, pois só apresenta boa resistência em camadas de profundidade maiores que 3 metros, por isso é recomendado o uso de fundações profundas.

Figura 30 - Sondagem SP - 01



Fonte: Cedida pela Azimute Construções e Engenharia (2019)

Para o perfil de solo em questão foi proposto dois tipos de fundação. O primeiro é radier, pois é muito comum em edificações em alvenaria estrutural este sistema construtivo, uma vez que as cargas são distribuídas de maneira mais uniforme no solo. Uma limitação para uma fundação profunda é o nível d'água estar muito próximo a superfície do terreno (2,97 metros), assim a solução de fundação superficial seria uma opção considerável.

Entretanto, será proposto também uma fundação de estaca escavada, pois apesar da limitação em relação ao nível d'água, existe um aumento da resistência do solo em profundidades superiores a 8 metros. Na profundidade de 8 metros o número de golpes para penetrar nos últimos 30 cm da camada é igual a 39, logo na camada seguinte o número de golpes sobe para 65 com penetração de 29 cm, e posteriormente 66 golpes.

9.2.1 Radier

Primeiramente será calculado a capacidade de carga do solo, para que com o auxílio do programa seja verificado se a taxa de solo é maior que as tensões no solo.

A menor dimensão do radier é igual a 11 metros que é a cota do bulbo de pressão, entretanto a sondagem em estudo tem limite de 10,45 metros, por isso a cota do bulbo de pressão adotada será de 10 metros.

$$N_{méd} = \frac{7 + 10 + 3 + 2 + 2 + 6 + 8 + 14 + 43 + 42}{10}$$

$$N_{méd} = 13,7$$

O $N_{méd}$ está dentro do limite do método, por isso não há necessidade de utilização de métodos empíricos para a determinação da taxa de solo.

$$\sigma_s = \frac{13,7}{5} \times 100$$

$$\sigma_s = 274 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_s = 2,74 \text{ kgf/cm}^2$$

Na figura 27, podemos observar que a maior tensão do radier, com espessura de 10 cm, no solo é de 1,13 kgf/cm², que é inferior também a taxa de solo da sondagem SP-01, por isso será utilizada a mesma solução de fundação.

9.2.2 Estaca

O tipo de estaca adotada foi a pré-moldada, pois na figura 29, pode-se observar que o nível d'água da sondagem SP - 01 está a 2,97 metros de profundidade, e neste caso não é recomendada a estaca do tipo Strauss, pois deve ser usada acima do nível de lençol freático e nessa profundidade o solo não apresenta a resistência necessária para atender as solicitações. Outra opção seria a estaca do tipo broca, entretanto a sondagem demonstra que o terreno só apresenta uma boa resistência a 8 metros de profundidade, e esse tipo de estaca tem limitação de 6 metros (REBELLO, 2008).

Para o cálculo da estaca foi lançado uma viga baldrame abaixo da cortina de alvenaria no programa Cypecad, para em seguida ser verificado as tensões do terreno sobre a viga de fundação.

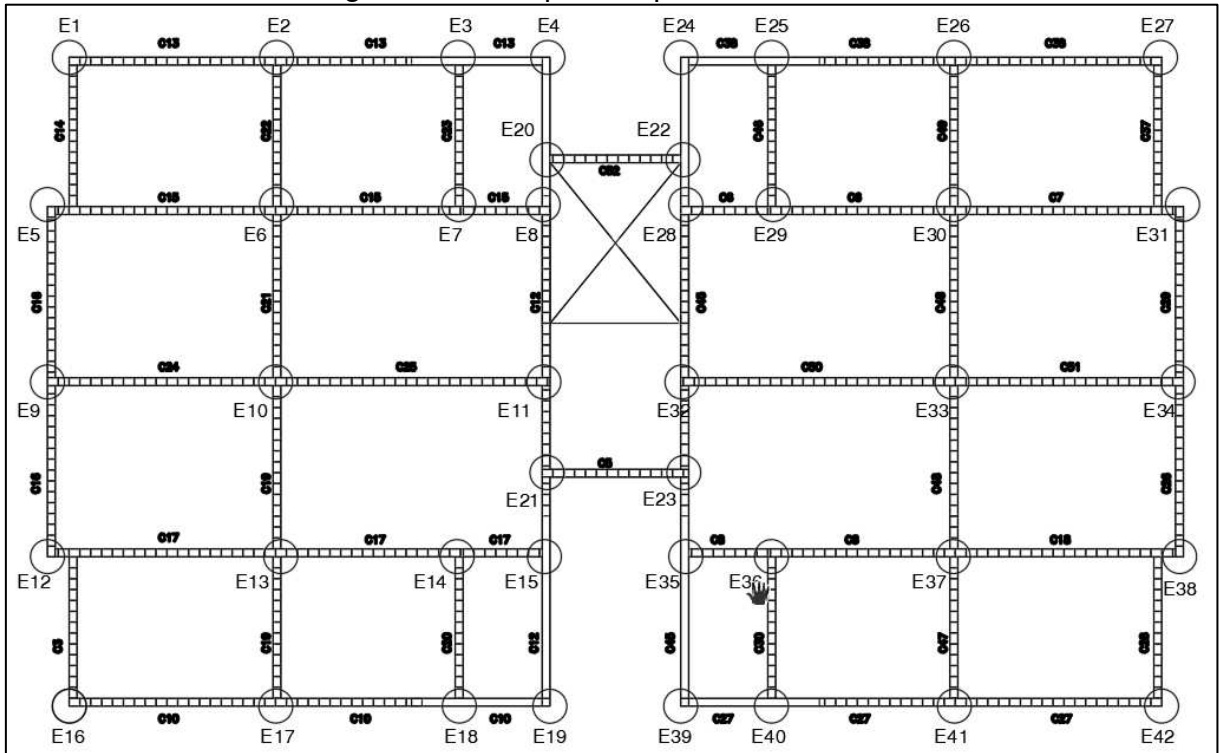
Tabela 10 - Tensões do terreno sobre as vigas de fundação

Combinações fundamentais					
Viga			Tensão média (kgf/cm ²)	Tensão em bordas (kgf/cm ²)	
Viga	Trecho	Dimensão			
1	a: C14-C12	C13: 25/25	2.82		2.83
2	a: C43-C37	C38: 25/25	2.83		2.83
3	a: C12-C43	C52: 25/25	2.11		2.16
4	a: C16-C12	C15: 25/25	2.87		2.90
5	a: C43-C48	C6: 25/25	2.84		2.86
5	b: C48-C29	C7: 25/25	2.84		2.86
6	a: C44-C48	C51: 25/25	3.00		3.01
6	b: C48-C26	C50: 25/25	3.10		3.10
7	a: C16-C21	C24: 25/25	3.11		3.11
7	b: C21-C12	C25: 25/25	3.02		3.02
8	a: C12-C45	C5: 25/25	2.01		2.05
9	a: C45-C48	C8: 25/25	2.86		2.88
9	b: C48-C26	C18: 25/25	2.86		2.89
10	a: C16-C12	C17: 25/25	2.82		2.84
11	a: C3-C12	C10: 25/25	2.85		2.86
12	a: C45-C28	C27: 25/25	2.87		2.88
13	a: C17-C15	C16: 25/25	2.84		2.85
14	a: C10-C17	C3: 25/25	2.77		2.78
15	a: C15-C13	C14: 25/25	2.79		2.80
16	a: C10-C17	C19: 25/25	2.83		2.83
16	b: C17-C15	C21: 25/25	3.02		3.03
16	c: C15-C13	C22: 25/25	2.80		2.81
17	a: C10-C17	C20: 25/25	2.78		2.79
18	a: C15-C13	C23: 25/25	2.71		2.74
19	a: C10-C13	C12: 25/25	2.74		2.76
20	a: C27-C5	C45: 25/25	2.75		2.77
20	b: C5-C6	C44: 25/25	2.12		2.27
20	c: C6-C38	C43: 25/25	2.60		2.62
21	a: C6-C38	C46: 25/25	2.71		2.71
22	a: C27-C8	C30: 25/25	2.78		2.78
23	a: C27->	C47: 25/25	2.86		2.86
23	b: <-C6	C48: 25/25	2.99		3.00
23	c: C6-C38	C49: 25/25	2.82		2.82
24	a: C27-C18	C28: 25/25	2.81		2.81
25	a: C7-C38	C37: 25/25	2.78		2.79
26	a: C18-C50	C26: 25/25	2.84		2.85
26	b: C50-C7	C29: 25/25	2.81		2.82

Fonte: Autor (2019)

Posteriormente foi escolhido os pontos de estacas, para que fossem calculados a cargas pontuais em cada ponto. Este cálculo foi feito com auxílio do programa Ftool 3.0, carregando as vigas com carregamento distribuído que pode ser encontrado pelo produto entre a tensão do terreno sobre a viga de fundação e a largura da viga.

Figura 31 - Croqui com pontos de estaca



Fonte: Autor (2019)

Com as reações de apoio calculadas nos pontos de estacas, pode-se dimensionar os blocos de coroamento de acordo com o método de cálculo de estacas de Yopannan Rabello.

Tabela 11 - Carga por estaca

ESTACA	CARGA (t)				(t)	ESTACA	CARGA (t)				(t)
E1	13,5	9,6			23,1	E22	6,4	8,3			14,7
E2	13,5	11,8	9,6		34,9	E23	9,3	8,5			17,8
E3	11,8	5,9	9,3		27	E24	5,9	9,4			15,3
E4	5,9	9,4			15,3	E25	11,8	5,9	9,3		27
E5	23,5	11,5			35	E26	13,5	11,8	9,6		34,9
E6	15,7	12	9,6		37,3	E27	13,5	9,6			23,1
E7	12	6	9,3		27,3	E28	9,3	9,4	11		29,7
E8	9,3	9,4	11		29,7	E29	12	6	9,3		27,3
E9	14,8	11,5	11,5		37,8	E30	15,7	12	9,6		37,3
E10	14,8	12,1	18,9	12,1	57,9	E31	23,3	11,5			34,8
E11	11	11	18,9		40,9	E32	11	11	18,9		40,9
E12	23,5	11,5			35	E33	14,8	12,1	18,9	12,1	57,9
E13	15,7	12	9,6		37,3	E34	14,8	11,5	11,5		37,8
E14	12	6	9,3		27,3	E35	9,3	9,4	11		29,7
E15	9,3	9,4	11		29,7	E36	12	6	9,3		27,3
E16	13,5	9,6			23,1	E37	15,7	12	9,6		37,3
E17	13,5	11,8	9,6		34,9	E38	23,5	11,5			35
E18	11,8	5,9	9,3		27	E39	5,9	9,4			15,3
E19	5,9	9,4			15,3	E40	11,8	5,9	9,3		27
E20	6,4	8,3			14,7	E41	13,5	11,8	9,6		34,9
E21	9,3	8,5			17,8	E42	13,5	9,6			23,1

Fonte: Autor (2019)

Segundo Rebello (2008, p. 106) para prever o comprimento da estaca “somam-se os números correspondentes aos golpes da sondagem, o SPT, até que o valor obtido seja igual ou superior a 60.” Para o SP – 01 a profundidade foi calculada da seguinte maneira:

$$P1 = 2$$

$$P2 = 2 + 7 = 9$$

$$P3 = 9 + 2 = 11$$

$$P4 = 11 + 2 = 13$$

$$P5 = 13 + 2 = 15$$

$$P6 = 15 + 7 = 22$$

$$P7 = 22 + 9 = 31$$

$$P8 = 31 + 39 = 70$$

Portanto, apenas a 8 metros de profundidade o número de golpes de sondagens foi igual ou ultrapassou a 60, por isso o comprimento estimado da estaca é de 8 metros. Em seguida é preciso calcular a capacidade de carga nesta profundidade.

Para calcular a capacidade de carga nessa profundidade será utilizada a estaca de maior carregamento do edifício, que são as estacas E10 e E33. Primeiramente, será adotado um diâmetro de 25 cm e verificado se a taxa de solo é maior que a solicitação dessas estacas, se não as opções podem ser mudar o tipo de estacas, aumentar o diâmetro ou colocar mais de uma estaca por bloco de coroamento. O método utilizado será de Décourt-Quaresma descrito abaixo:

$$Q_f = A_{fuste} \cdot q_l \cdot \beta$$

$$A_{fuste} = 2\pi r l = 2 \times 0,25 \times 8 = 12,56 \text{ m}^2$$

$$q_l = \frac{N_{méd}}{3} + 1$$

$$N_{méd} = \frac{2 + 7 + 2 + 2 + 2 + 7 + 9 + 39}{8} = 9$$

$$q_l = \frac{9}{3} + 1 = 4$$

Tabela 12 - Coeficientes de β

	Escavada em geral	Escavada com lama betonítica	Hélice contínua	Raiz	Micro estacas	Pré - moldadas
Argilas	0,80	0,90	1,00	1,50	3,00	1,00
solos intermediários	0,65	0,75	1,00	1,50	3,00	1,00
areia	0,50	0,60	1,00	1,50	3,00	1,00

Fonte: Rebello (2008)

$$\beta = 1,00$$

$$Q_f = 12,56 \times 4 \times 1$$

$$Q_f = 50,26$$

$$Q_p = N_p \cdot A_p \cdot \alpha \cdot K$$

$$N_p = 39$$

$$A_p = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,25^2}{4}$$

$$A_p = 0,05$$

Tabela 13 - Coeficientes de α

	Escavada em geral	Escavada com lama betonítica	Hélice contínua	Raiz	Micro estacas	Pré - moldadas
argilas	8,85	0,85	0,30	0,85	1,00	1,00
solos intermediários	0,60	0,60	0,30	0,60	1,00	1,00
areia	0,50	0,50	0,30	0,50	1,00	1,00

Fonte: Rebello (2008)

$$\alpha = 1,00$$

Tabela 14 - Coeficiente de solo

Tipo de solo	K (tf/m ²)
argila	12
silte argiloso	20
silte arenoso	25
areia	40

Fonte: Rebello (2008)

$$K = 40$$

$$Q_p = 39 \times 0,05 \times 1 \times 40$$

$$Q_p = 78$$

$$Q = \frac{Q_f}{1,3} + \frac{Q_p}{4}$$

$$Q = \frac{56,26}{1,3} + \frac{78}{4}$$

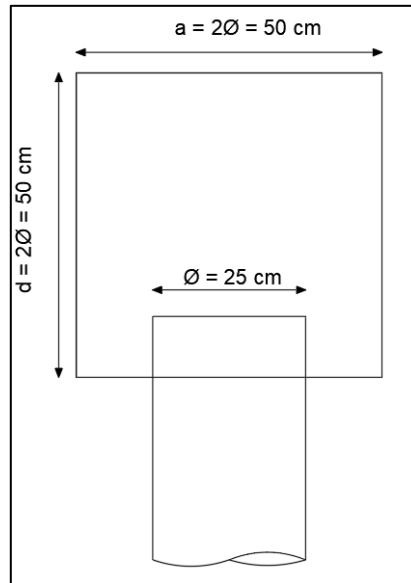
$$Q = 62,77$$

Portanto, observar-se que a capacidade de carga para uma estaca pré-moldada de 25 cm de diâmetro a uma profundidade de 8 metros no solo de SP – 01 é maior que a carga nas estacas E10 e E33, ou seja, a escolha da estaca é apropriada, pois o solo resiste as estacas de maior carregamento, logo infere-se que resistirá as

estacas de carregamento menores e que não há necessidade de se associar mais de uma estaca por bloco.

Posto isto, pode-se realizar o dimensionamento dos blocos de coroamento. Sendo a largura do bloco o dobro do diâmetro da estaca e altura igual a largura (REBELLO, 2008).

Figura 32 - Dimensões do bloco de coroamento



Fonte: Autor (2019)

$$P = 23,1 \text{ tf} = 23100 \text{ kgf}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$a = 50 \text{ cm}$$

$$f_{ck} = 200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f'_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

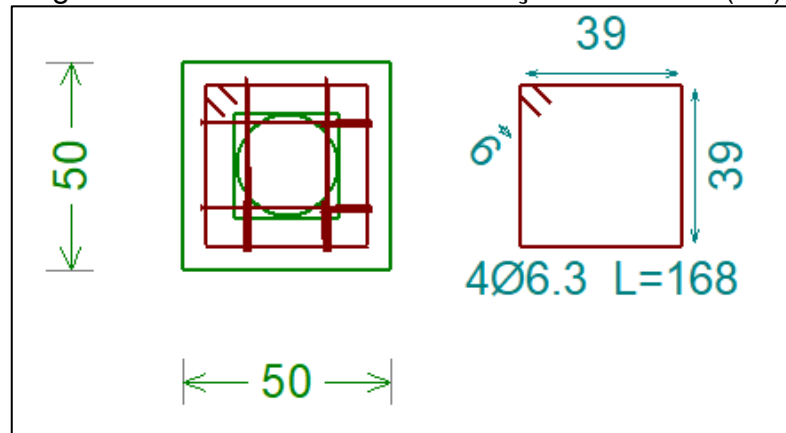
Armação horizontal:

$$A_{eh} = \frac{P \cdot d}{11600a}$$

$$A_{eh} = \frac{23100 \times 50}{11600 \times 50}$$

$$A_{eh} = 2 \text{ cm}^2 = 4 \text{ } \emptyset 6,3 \text{ mm}$$

Figura 33 - Detalhamento da armadura horizontal (E1)



Fonte: Autor (2019)

Armadura vertical:

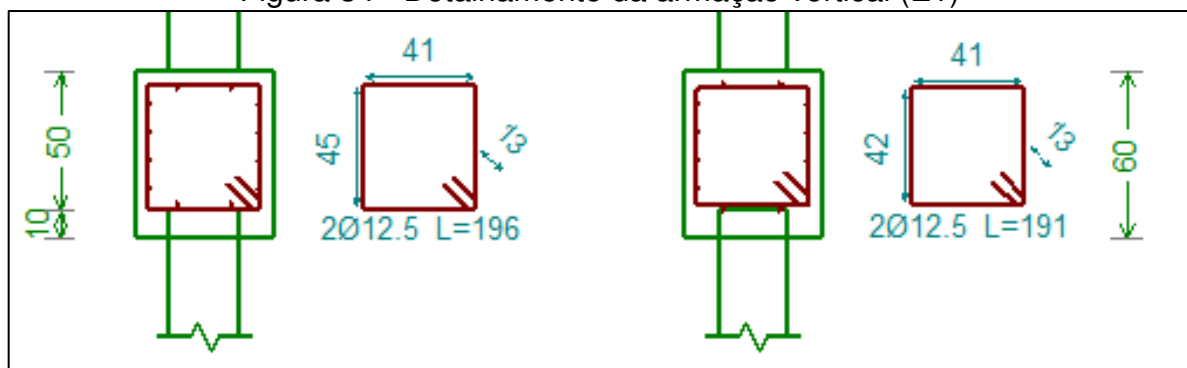
$$A_{rv} = \rho \cdot a^2$$

$$\rho = \frac{(2P - A_c \cdot f_{ck})}{f'_y \cdot A_c} \geq 0,2\%$$

$$A_{rv} = 0,002 \times 2500$$

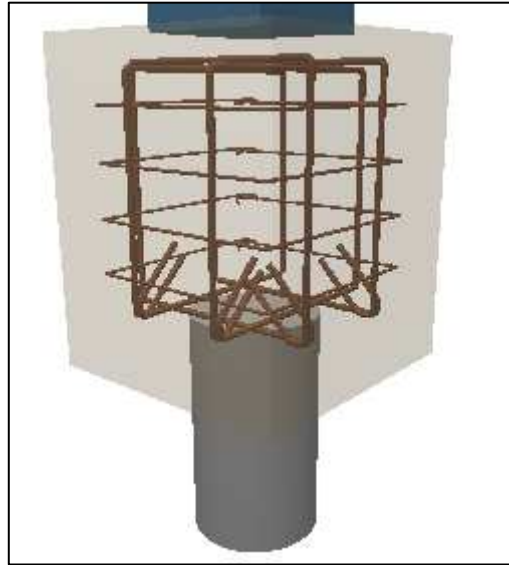
$$A_{rv} = 5 \text{ cm}^2 = 2 \text{ } \emptyset 12,5$$

Figura 34 - Detalhamento da armadura vertical (E1)



Fonte: Autor (2019)

Figura 35 - Detalhamento da estaca E1



Fonte: Autor (2019)

Pela tabela 11, nota-se que possuem estacas que tem cargas iguais a outras, isto foi adotado em virtude desses pontos serem simétricos e as vigas que estão sobre essas estacas terem carregamento distribuído muito próximos. Logo, as estacas similares foram dimensionadas iguais.

$$E1 = E16 = E27 = E42$$

$$E2 = E17 = E26 = E41$$

$$E3 = E18 = E25 = E40$$

$$E4 = E19 = E24 = E30$$

$$E5 = E12 = E31 = E38$$

$$E6 = E13 = E30 = E37$$

$$E7 = E14 = E29 = E36$$

$$E8 = E15 = E28 = E35$$

$$E9 = E34$$

$$E10 = E33$$

$$E11 = E32$$

$$E20 = E22$$

$$E21 = E23$$

O modelo dimensionamento da estaca E1 se manteve para as demais estacas.

Tabela 15 - Quantitativo de materiais das estacas

Elemento	Quantidade (und)	formas (m ²)	volume (m ³)	barras (kg)
blocos de coroamento	-	78,54	6,93	1332,23
Estacas	42	-	-	-

Fonte: Autor (2019)

10 ESCOLHA DA FUNDAÇÃO

A escolha do tipo de fundação é uma etapa importante na elaboração de projetos, sobretudo quando se trata de edificações de prédios em alvenaria estrutural, pois é comum nos métodos de cálculo de fundações a hipótese de apoios totalmente rígidos para condições de vinculação de edifícios, que contraria a concepção da alvenaria estrutural. Por isso, na escolha da fundação se deve considerar as diferenças entre os métodos construtivos que tem predominância de pórticos e o de alvenaria.

Nos prédios em alvenaria estrutural as melhores soluções de fundação são as que conseguem transmitir as cargas da superestrutura da mesma maneira com que elas são transferidas ao longo da estrutura, uniformes e distribuídas. Deste modo, as sapatas corridas e os radiers são as soluções de fundações ideais para alvenaria estrutural.

Por isso, no presente trabalho será considerado para a escolha da fundação a que apresentar vantagens quanto concepção estrutural e estimativa de custos.

10.1 Escolha para o solo de sondagem SPT - 03

Para o solo foram calculadas dois tipos de fundações, sapata corrida e radier, as duas apresentam vantagens quanto a distribuição de cargas da superestrutura no solo, pois são fundações que dissipam as tensões de maneira uniforme ao solo. Deste modo, a escolha foi pautada no quantitativo de materiais, com base no volume de concreto, área de forma e peso estimado de aço. Portanto, a melhor solução para este tipo de solo é a sapata corrida, pois se pode observar que apresenta vantagens em todos os insumos descritos abaixo.

Tabela 16 - Comparativo - Sapata x Radier

	Formas (m ²)	Concreto (m ³)	Barras (kg)
Sapata corrida	70,29	22,84	794,85
Radier	191,58	38,32	2600,00

Fonte: Autor (2019)

10.2 Escolha para o solo de sondagem SP-01

Para este solo, que apresenta resistência apenas em camadas mais profundas, foram feitos dois dimensionamentos, o primeiro radier e o segunda estacas pré-moldadas. Apesar do solo ter características que são propícias a fundações profundas, o radier é uma excelente solução quanto a concepção estrutural do método em alvenaria estrutural, pois como já mencionado transfere as cargas ao solo de forma distribuídas a exemplo das paredes de alvenaria, o que evitaria o efeito arco na fundação. Entretanto, as sapatas e os radiers não são apenas os únicos tipos de fundação possíveis para edificações em alvenaria estrutural.

Apesar dos valores abaixo apresentarem vantagens para a escolha das estacas pré-moldadas, a escolha feita será o radier, pois além de ser mais apropriado para alvenaria estrutural, a Tabela 17 não levam em consideração a quantidade de estacas, que seriam 42, e que possuem um custo elevado tanto para aquisição do insumo quanto para o transporte, escavação e mão de obra.

Tabela 17 - Comparativo - Radier x Estacas

	Formas (m ²)	Concreto (m ³)	Barras (kg)
Radier	191,58	38,32	2600,00
Bloco de coroamento (estacas)	78,54	6,93	1322,23

Fonte: Autor (2019)

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho realizou um estudo visando apresentar as diferenças construtivas dos métodos tradicionais de construções com o de alvenaria estrutural, que apresentam distinções inclusive na fundação, por isso ao se construir edifícios em alvenaria estrutural é preciso que se tenha atenção dobrada no dimensionamento e escolha da fundação, pois a distribuição das cargas e tensões tanto na superestrutura quanto na subestrutura são diferentes.

O aparecimento de trincas e fissuras em edificações em alvenaria estrutural pode decorrer da escolha e dimensionamento errado da fundação, pois no dimensionamento de fundações como sapatas isoladas e estacas, leva-se a hipótese de cargas pontuais chegando na infraestrutura, porque nos modelos tradicionais as cargas são geralmente transferidas por pilares até a fundação, e as vigas-baldrames são menos carregadas. Na alvenaria estrutural as vigas-baldrames são mais carregadas pois recebem diretamente os esforços da alvenaria estrutural, por isso precisam ser mais rígidas ou então a solução é escolher uma fundação que apoie essa viga em toda sua extensão, pois impediria ou amenizaria o efeito arco.

Deste modo, neste trabalho foram escolhidas duas fundações como solução para dois tipos de solo, e essa escolha foi pautada, sobretudo, na solução que amenizaria o efeito arco na fundação e que fosse mais econômica.

É comum em construções populares o modelo de alvenaria estrutural, pois como apresentado anteriormente têm vantagens associadas a redução de tempo e custo nas obras, entretanto se observa que há também, uma tendência para a padronização de projetos, porém quando se trata de projetos de fundações é preciso certos cuidados, pois o dimensionamento de fundações dependem de diversos fatores que não são padrões, como a tipologia de solo.

Foi constatado que para a mesma edificação, ou seja, com distribuição de cargas padrão, mas em solos diferentes, o primeiro considerado bom e o segundo considerado ruim, tivemos soluções diferentes de fundações, pois no solo de perfil de sondagem SPT – 03 (bom) a solução foi sapata corrida e no solo de sondagem SPT - 01 (ruim) foi radier.

Concluindo, a escolha do tipo de fundação mais adequada é fundamental para o projeto de alvenaria estrutural apresentar sucesso, pois caso contrário os problemas estruturais serão observados ao decorrer da superestrutura. Existem vários fatores que devem influenciar na escolha da fundação, porém a resistência do solo e o controle de flechas, provenientes do efeito arco são os principais. Por isso, a sapata corrida e o radier são consideradas a “primeira opção” para prédios de alvenaria estrutural, pois naturalmente controlam as flechas, entretanto é preciso sempre verificar a capacidade de carga do solo.

12 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 1988. 66 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro, 1985.

AUTOQI. **Base de Conhecimento**. Disponível em <<http://faq.altoqi.com.br/content/548/1789/pt-br/como-inserir-graute-no-qialvenaria.html>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

AZEREDO, Hélio Alves. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo. Edgard Blucher, 1977.

CAMPOS, João Carlos. **Alvenaria Estrutural**, 2016. Especialização em Engenharia de Estruturas – Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo, 2016.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Banco de obras**. Disponível em <comunidadeconstrucao.com.br/banco-obras/1/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 17 de julho de 2019.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Minha Casa Minha Vida: 56,4% dos imóveis avaliados apresentam defeitos na construção**. Disponível em <<https://www.cgu.gov.br/noticias/2017/08/minha-casa-minha-vida-56-4-dos-imoveis-avaliados-apresentam-defeitos-na-construcao>>. Acesso em: 25 de julho de 2019.

FREITAS, José de Almendra. **Alvenaria Estrutural**. Disponível em <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-civil-ii-1/alvenaria-estrutural-apresentacao>>. Acesso em: 17 de agosto de 2019.

FÓRUM DA CONSTRUÇÃO. **Tipos de solo e investigação do subsolo: entenda o ensaio a percussão e o seu famoso índice SPT.** Disponível em <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=9&Cod=126>>. Acesso em: 23 de outubro de 2019.

HACHICH, *et al.* **Fundações: Teoria e Prática.** São Paulo: Pini, 1998.

LINK CONSTRUTORA. **Como fazer fundação em radier passo a passo?.** Disponível em <<https://www.linkenge.com.br/arquivos/1687>>. Acesso em: 10 novembro de 2019.

MUNDO VIAGENS. **10 curiosidades que não sabia sobre as Pirâmides de Gizé.** Disponível em <<http://mundodeviagens.com/piramides-de-gize/>>. Acesso em: 15 junho de 2019.

PILZ,S.E.;MENEGOTTO,M.L.;COSTELLA,M.F.;PAVAN,R.C.;JACOSKI,C.A.;
Recuperação das fundações e da estrutura de um edifício devido a recalques originados da inadequação de investigação do subsolo. 2009. Anais do 5º Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas, CINPAR, 2009.

PITTA, João Alfredo Azzi. **Ações devidas ao vento em edifícios de andares múltiplos, edifícios com coberturas do tipo shed e do tipo duas águas com laternin.**1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.

PORTO, Thiago Bomjardim. **Estudo da interação de paredes de alvenaria estrutural com a estrutura de fundação.** 2010. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia das Estruturas) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: PINI, 2003.

REBELLO, Yopanan C. P. **Fundações: Guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. Rio de Janeiro: Zigurate Editora, 2008.

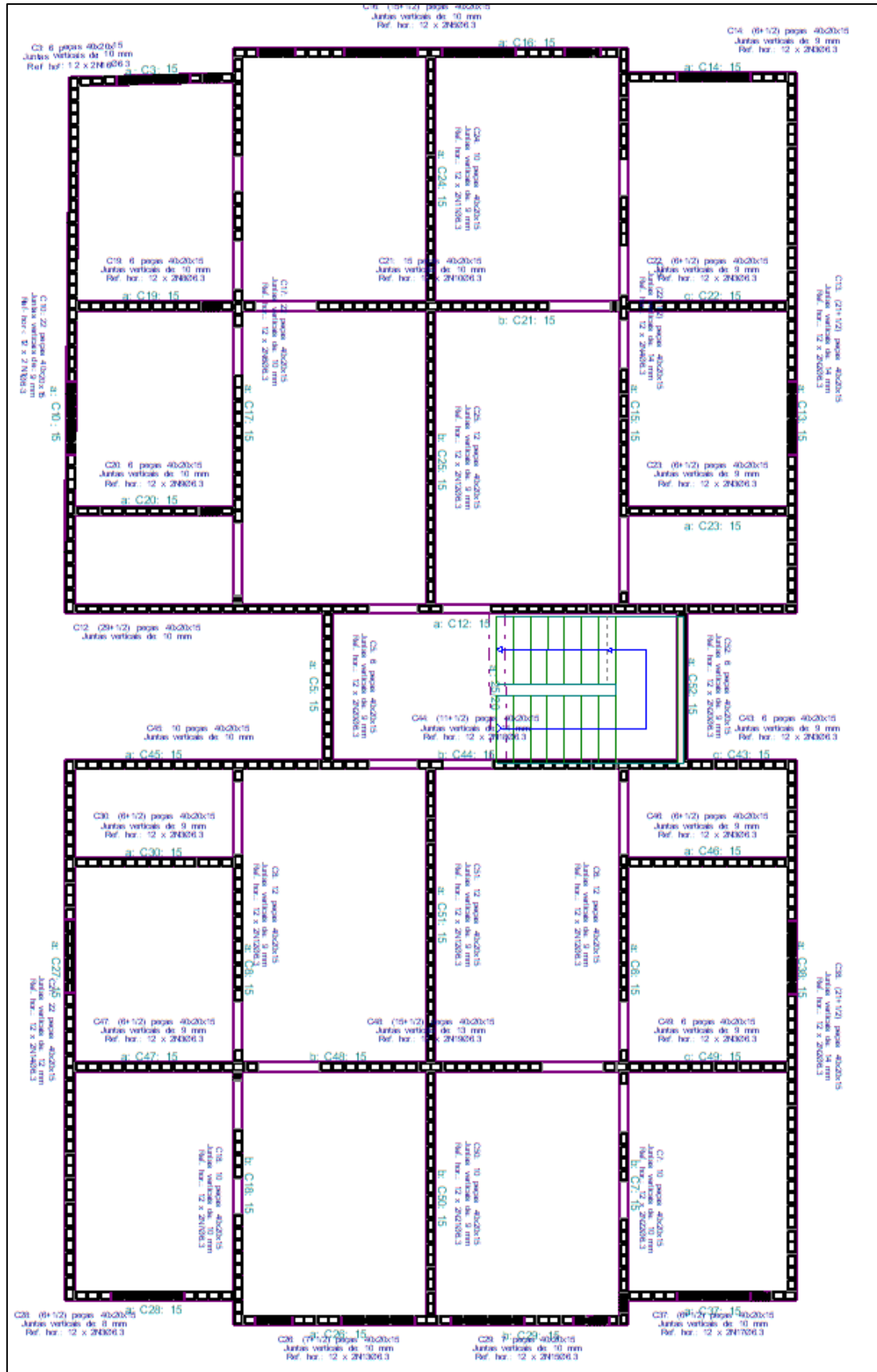
TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

VELLOSO, D.A.; ALONSO, U.R. **Previsão, Controle e Desempenho de Fundações. In: Previsão de Desempenho x Comportamento Real**. São Paulo: ABMS/NRSP 2000.

VELLOSO, Dirceu de Alencar. **Crterios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas**. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

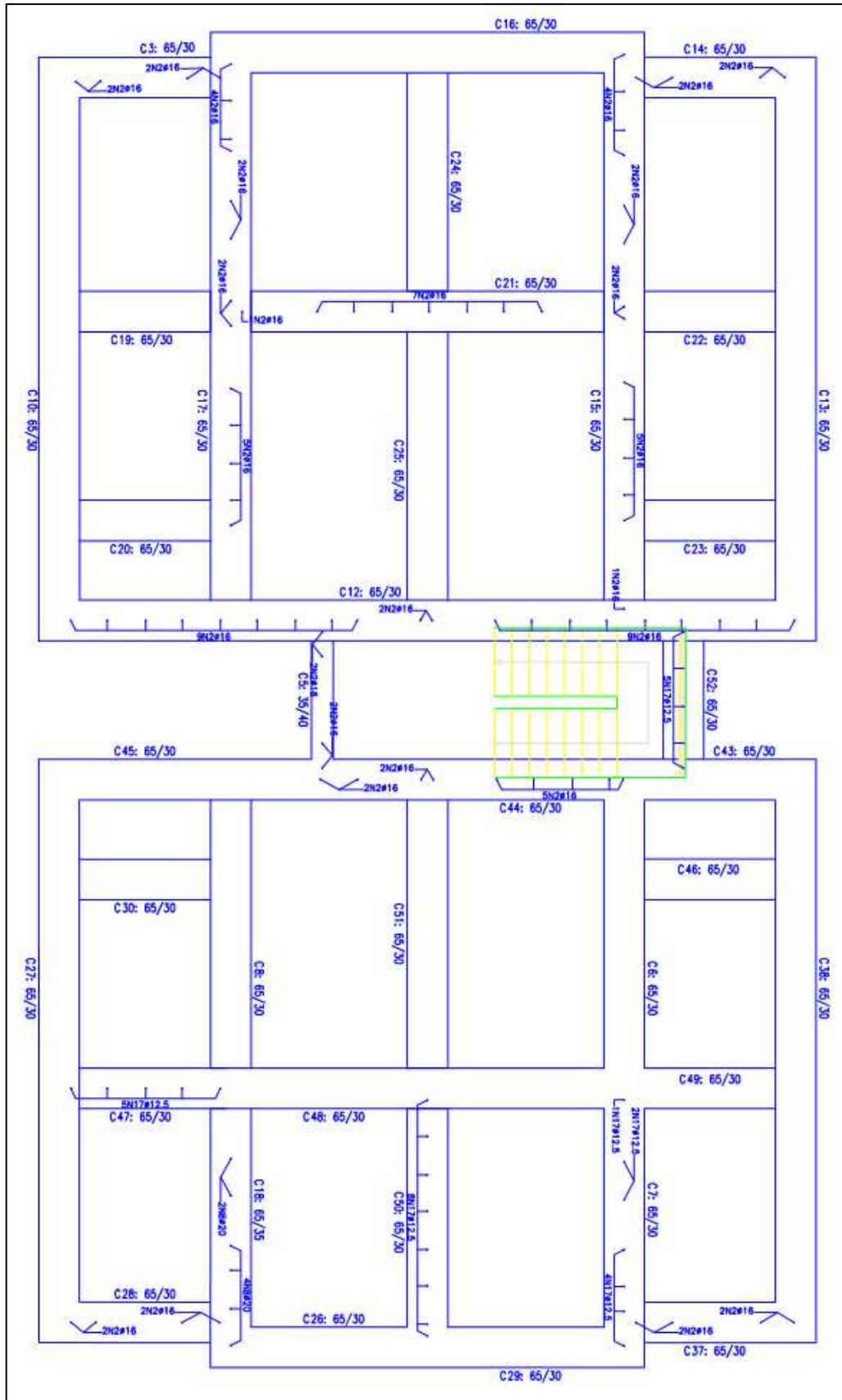
APÊNDICES

APÊNDICE A – Planta com disposição dos blocos de concreto vazado



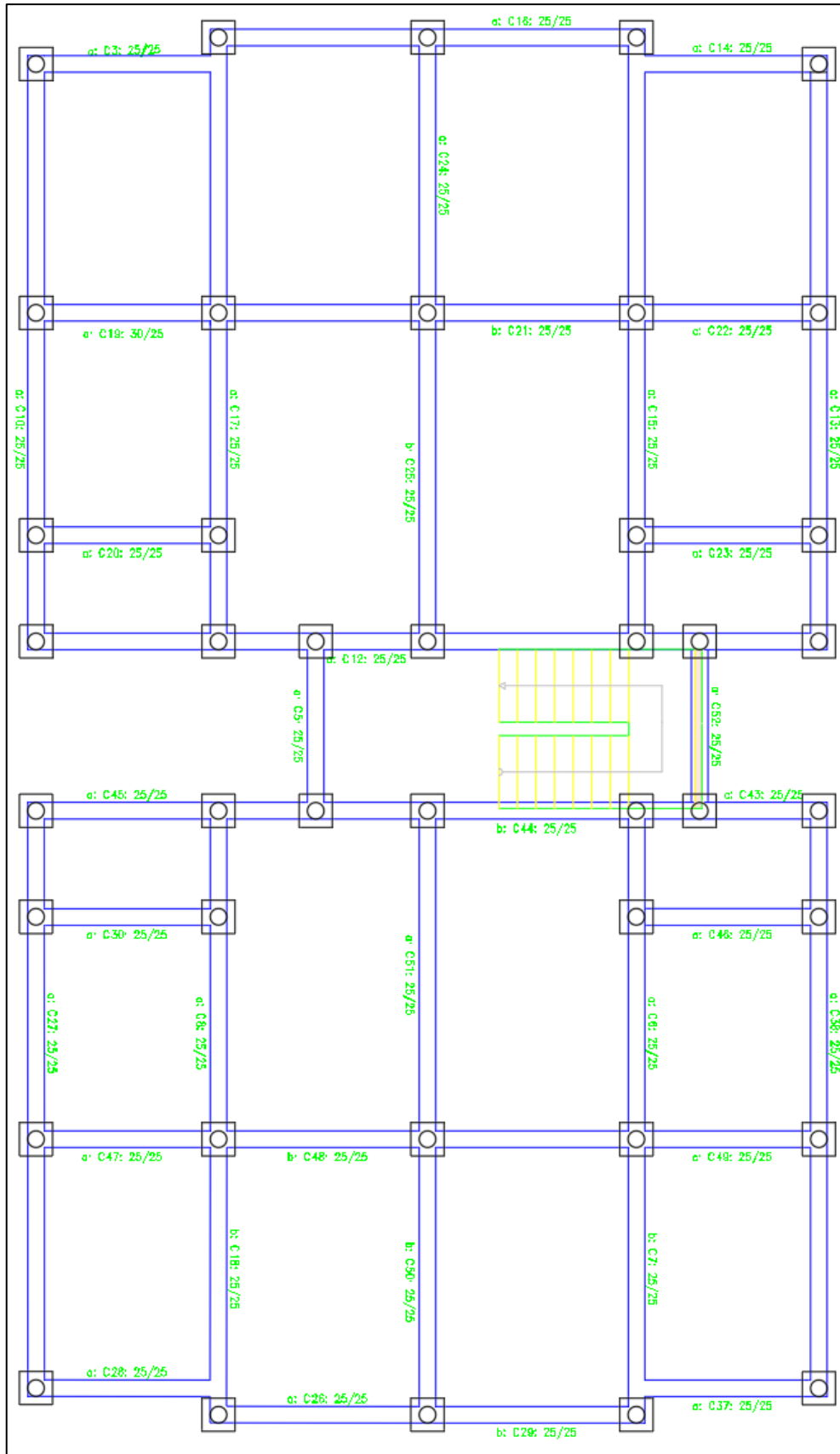
Fonte: Autor (2019)

APÊNDICE B – Planta de fundação - sapata corrida



Fonte: Autor (2019)

APÊNDICE C – Planta de fundação - Estacas



Fonte: Autor (2019)