

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

GIANA RACHINSKI D'AGOSTINI

**ESTUDO COMPARATIVO DE SAPATAS ISOLADAS E RADIER
FLEXÍVEL COMO FUNDAÇÕES EM CASAS POPULARES: ESTUDO
DE CASO**

PATO BRANCO

2018

GIANA RACHINSKI D'AGOSTINI

**ESTUDO COMPARATIVO DE SAPATAS ISOLADAS E RADIER
FLEXÍVEL COMO FUNDAÇÕES EM CASAS POPULARES: ESTUDO
DE CASO**

Trabalho de conclusão de Curso de graduação, apresentado como requisito parcial para conclusão do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Esp. Ana Cláudia Dal Prá Vasata.

PATO BRANCO

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTUDO COMPARATIVO DE SAPATAS ISOLADAS E RADIER FLEXÍVEL COMO FUNDAÇÕES EM CASAS POPULARES: ESTUDO DE CASO

GIANA RACHINSKI D'AGOSTINI

No dia 21 de junho de 2018, às 13h00min, na SALA DE TREINAMENTO da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após argüição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná– UTFPR, conforme Ata de Defesa Pública nº22-TCC/2018.

Orientador: Prof^ª Esp. ANA CLAUDIA DAL PRA VASATA (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof^ª. Dr^ª. MARIVONE ZANELLA FANK (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof. Msc. TOBIAS JUN SHIMOSAKA (DACOC/UTFPR-PB)

Aos meus pais, os quais foram as pessoas que me deram apoio e suporte para que eu pudesse caminhar e chegar até aqui. Ao meu irmão, que, de uma forma ou de outra, sempre me ajudou. A toda minha família e ao meu namorado que estiveram presentes durante esse período.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por tudo.

Gostaria de agradecer ao meu pai, Gilmar, e minha mãe, Rosana, ao apoio incondicional durante todo o percurso, pelo incentivo de persistir, mesmo quando a vontade de desistir era grande, por ensinar que é com os estudos que se vence e por me propiciar a oportunidade da minha graduação. Ao meu irmão, Vitor, que sempre esteve ao meu lado.

À minha família, que sempre esteve presente nos momentos bons e ruins, mesmo com a distância, sempre ofereceram suporte.

Ao meu namorado, Vilmar, que me acompanhou e me auxiliou durante todo o período da faculdade. Enfrentamos boa parte dessa jornada juntos, ajudamos um ao outro, superamos as dificuldades juntos.

Excepcionalmente agradeço aos amigos que viveram junto esses 5 anos, nesse tempo de graduação, sempre um empurrando um ao outro,

Também agradeço as empresas que forneceram os meios para o desenvolvimento do meu trabalho. A MGS Engenharia que forneceu as sondagens.

E, por último, mas não menos importante, agradeço a minha orientadora pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

EPÍGRAFE

*“Tudo o que está no plano da realidade, já
foi sonho um dia.”*

Leonardo da Vinci

RESUMO

D'AGOSTINI, Giana Rachinski. **Estudo comparativo de sapatas isoladas e radier flexível como fundações em casas populares: estudo de caso**. 2018. 122 páginas f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil – UTFPR. Pato Branco, 2018.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de comparar economicamente a fundação em sapatas isoladas com fundação em radier, para casas populares, por meio de um estudo de caso, para três solos de diferentes resistências, um solo mais resistente, um solo com resistência média e um solo com menor resistência. O dimensionamento dos dois tipos de fundação foi feito no programa Eberick AltoQi e com as resistências do solo calculada por meio de sondagens fornecidas pelas empresas Itagiba e MGS Engenharia da região de Pato Branco. A composição orçamentária foi feita baseada nas tabelas da SINAPI e da Paraná Edificações e os preços foram obtidos da SINAPI para a região de Curitiba. Com o desenvolvimento do trabalho e a análise do mesmo, obteve-se os seguintes resultados para cada solo. Para o solo 1, o orçamento total das sapatas foi de R\$ 8669,50 e do radier R\$ 10791,97, já para o solo 2, o valor obtido para as sapatas foi de R\$ 8799,40 e para o radier de R\$ 10791,97 e para o solo 3, o preço final das sapatas foi de R\$ 9810,91 e para o radier R\$ 10791,97. Concluindo que, para o que foi proposto neste trabalho, as sapatas se apresentam mais viáveis economicamente.

Palavras-chave: Sapatas. Radier. Casa popular.

ABSTRACT

D'AGOSTINI, Giana Rachinski. **Comparative study of insulated shallow foundation and flexible slab foundation as foundations in popular houses: a case study**. 2018. 122 p. Civil Engineering Diploma Work – Academic Department of Building Construction, Federal University of Technology – Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2018.

The present work was developed aiming to economically compare shallow foundation with slab foundation, for popular house construction, through a case study for three different soil resistances: a soil with elevated resistance, a soil with average resistance, and a soil with low resistance. The design was elaborated using the software Eberick AltoQi and the soil resistances calculated through soil investigation provided by the companies Itagiba and MGS Engineering, present in the region of Pato Branco. The budget composition was based on the tables SINAPI and Paraná Edificações, and the prices obtained from SINAPI for the region of Curitiba. With the development of the study and its analysis, it was possible to obtain the following results for each soil. For soil 1, the total budget for the shallow foundation was R\$ 8.669,50 and for slab foundation R\$ 10.791,97. For soil 2, the value obtained was R\$ 8.799,40 for the shallow foundation and R\$ 10.799,97 for the slab foundation. For soil 3, the final budget for the shallow foundation was R\$ 9.810,91, and for the slab foundation, it was R\$ 10.791,97. Then, for the study proposal it is possible to comprehend that shallow foundations perform as more viable economically.

Keywords: Shallow foundation. Slab foundation. Popular house.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Tripé de sondagem	20
Figura 2 - Sapata isolada	25
Figura 3 - Sapata sob carga centrada	26
Figura 4 - Sapata sob carga excêntrica.....	27
Figura 5 - Núcleo central de sapatas retangulares.....	27
Figura 6 - Carga aplicada dentro do núcleo central.....	28
Figura 7 - Carga aplicada no limite do núcleo central	29
Figura 8 - Carga aplicada fora do núcleo central.....	30
Figura 9 - Tensões na sapata com $eAA + eBB \leq 16$	30
Figura 10 - Tensões na sapata com $eAA + eBB \geq 1/6$	31
Figura 11 - Dimensões da sapata	32
Figura 12 - Tensão de cisalhamento na sapata	35
Figura 13 - Seção de referência $s1A$	35
Figura 14 - Notações das seções de referências	36
Figura 15 - Resultante da pressão no solo $R1A$	37
Figura 16 - Área comprimida do concreto	38
Figura 17 - Tipos de radier: a) radier liso; b) radier com pedestais ou cogumelos; c) radier nervurado; d) radier em caixão	40
Figura 18 - Placa sobre apoio elástico	42
Figura 19 - Placa sobre elemento sólido	43
Figura 20 - Exemplo da execução da camada regularizadora	45
Figura 21 - Armadura da laje e armadura de arranque do pilar para pilares de centro	46
Figura 22 - Armadura da laje, armadura de arranque de pilares de extremidade e armadura de punção	46
Figura 23 - Classificação dos solos.....	53
Figura 24 - Avaliação dos parâmetros do solo em função do ensaio SPT	54
Figura 25 - Locação dos pilares	56
Figura 26 - Lançamento da estrutura com sapatas	59
Figura 27 - Lançamento da estrutura com radier	60

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Diferença de valores para as fundações	76
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equações empíricas para cálculo da resistência do solo	22
Tabela 2 - Resistência do solo 1	52
Tabela 3 - Resistência do solo 2	52
Tabela 4 - Resistência do solo 3	53
Tabela 5 - Cargas permanentes e cargas de utilização	57
Tabela 6 - Cargas totais no telhado	57
Tabela 7 - Correlação entre a resistência do solo e K_v	61
Tabela 8 - Coeficiente de <i>Poisson</i> do solo	61
Tabela 9 - Coeficientes de recalque vertical e horizontal dos solos	62
Tabela 10 - Composição dos serviços	63
Tabela 11 - Preço unitário dos insumos	66
Tabela 12 - Resultados das sapatas para o solo 1	67
Tabela 13 - Resultados das sapatas para o solo 2	68
Tabela 14 - Resultados das sapatas para o solo 3	69
Tabela 15 - Orçamento das sapatas para o solo 1.....	70
Tabela 16 - Orçamento do radier para o solo 1.....	71
Tabela 17 - Orçamento das sapatas para o solo 2.....	72
Tabela 18 - Orçamento do radier para o solo 2.....	73
Tabela 19 - Orçamento das sapatas para o solo 3.....	74
Tabela 20 - Orçamento do radier para o solo 3.....	75

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	JUSTIFICATIVA	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	SOLO E SUAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS	17
2.1.1	<i>Standard Penetration Test</i> – SPT	19
2.2	ESCOLHA DA FUNDAÇÃO	22
2.3	SAPATA ISOLADA	24
2.3.1	Classificação	25
2.3.1.1	Quanto a rigidez	25
2.3.1.2	Quanto a solicitação	26
2.3.2	Método de Dimensionamento	32
2.3.3	Recomendações Construtivas	39
2.4	RADIER	39
2.4.1	Classificação	40
2.4.2	Métodos de Dimensionamento	40
2.4.2.1	Método de placa sobre o solo de <i>Winkler</i>	41
2.4.2.2	Método do <i>American Concrete Institute</i>	41
2.4.2.3	Método dos elementos finitos	42
2.4.2.4	Analogia de Grelha	43
2.4.3	Recomendações Construtivas	43
2.5	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E AÇÕES ATUANTES	47
2.5.1	Ações	47
2.5.2	Concepção Estrutural	48
3	METODOLOGIA	49
4	DESENVOLVIMENTO	51
4.1	CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DO SOLO	51
4.2	LANÇAMENTO DA ESTRUTURA	54
4.3	DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS	59

4.4	DIMENSIONAMENTO DO RADIER.....	60
4.5	LEVANTAMENTO DE MATERIAIS E ORÇAMENTO	62
5	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	67
5.1	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO PARA O SOLO 1	67
5.2	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO PARA O SOLO 2	68
5.3	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO PARA O SOLO 3	69
5.4	ORÇAMENTO.....	69
5.4.1	Solo 1.....	70
5.4.2	Solo 2.....	71
5.4.3	Solo 3.....	73
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
6.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	77
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	APÊNDICE A – SAPATAS PARA O SOLO 1	81
	APÊNDICE B – RADIER PARA O SOLO 1.....	84
	APÊNDICE C – SAPATAS PARA O SOLO 2	86
	APÊNDICE D – RADIER PARA O SOLO 2.....	90
	APÊNDICE E – SAPATAS PARA O SOLO 3	92
	APÊNDICE F – RADIER PARA O SOLO 3.....	97
	ANEXO A – ÁBACO PARA A DETERMINAÇÃO DE TENSÕES MÁXIMAS EM SAPATAS RETANGULARES COM DUPLA EXCENTRICIDADE.	99
	ANEXO B – PLANTA BAIXA E PLANTA DE COBERTURA DA CASA FÁCIL	100
	ANEXO C – SONDAAGEM 1 PATO BRANCO	102
	ANEXO D – SONDAAGEM 2 PATO BRANCO	109
	ANEXO E – SONDAAGEM 3 CLEVELÂNDIA.....	117

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população brasileira e os tempos de recessão, estima-se que, no ano de 2015, o déficit habitacional está próximo de 6.186.503 de domicílios (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2017). Para sanar o problema, o governo criou alguns programas para facilitar a liberação de crédito e auxiliar no financiamento da casa própria para famílias de baixa renda, como o Minha Casa Minha Vida.

No entanto, o problema de habitações no Brasil ainda sofre limitações quanto ao seu dimensionamento e sua execução, devido a uma visão estritamente econômica e uma busca de redução de recursos financeiros, tanto por parte do proprietário, quanto por parte do engenheiro (GONÇALVES, 1998). Essa é uma imagem que deve ser mudada no Brasil, pelo fato de que residências que integram a parte técnica com a parte econômica tem melhores resultados a longo prazo. Por isso que a engenharia é dita como a conexão entre a técnica e recursos financeiros, no qual se busca a maior qualidade e segurança na construção com uma quantidade limitada de capital disponível.

Nessa busca por qualidade, uma das questões são as fundações do edifício, as quais dão o suporte e transmitem as solicitações de toda a edificação para o solo (AZZEREDO, 1977). Porém por vícios construtivos, por falta de dados sobre o solo ou por erros conceituais, as fundações podem acarretar custos diretos e indiretos altos, seja por reforços estruturais ou seja por ações judiciais promovida pelo proprietário da obra (JOPPERT, 2007).

Joppert (2007) considera que a melhor escolha de uma estrutura de fundação deve passar por uma averiguação técnica e econômica de alternativas. Deve-se levar em conta, na seleção da fundação, a existência de mão de obra especializada, viabilidade da fundação escolhida, as condições geotécnicas e a condição das construções vizinhas.

Para as residências de cunho popular, as cargas impostas são menores, por serem residências geralmente sem lajes de cobertura e por apresentarem menor área. Portanto as fundações utilizadas, usualmente, são as fundações superficiais, por motivos técnicos, mas principalmente econômicos, ou seja, por apresentarem menores custos em relação as fundações profundas. De acordo com a NBR 6122 – PROJETO E EXECUÇÃO DE FUNDAÇÕES (ABNT, 2010), fundação superficial ou

rasa é o elemento de fundação o qual transmite as cargas da superestrutura ao solo, essencialmente, pela sua base, e sua cota de assentamento em relação ao terreno é menor ou igual a duas vezes a menor dimensão. Alguns exemplos de fundações superficiais são blocos, sapata isolada, sapata corrida, sapata associada e radier.

Nesse trabalho, será tratado exclusivamente de sapatas isoladas e radier, os quais são definidos a seguir conforme a NBR 6122 (ABNT, 2010). Sapata isolada é o elemento de fundação de concreto armado dimensionada para que as tensões de tração sejam resistidas exclusivamente pelo aço. Radier é o componente de fundação que abrange boa parte ou todos os pilares da edificação e distribui os esforços ao solo.

Portanto, em vista de obter um dimensionamento viável, não só economicamente, mas também estruturalmente, para fundações de casas populares, será estudado a implantação de fundações em sapatas rígidas e em radier flexível em diferentes tipos de solo, realizando o dimensionamento de cada uma das opções e verificando qual delas é a mais viável economicamente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Esse trabalho possui como objetivo verificar a melhor viabilidade econômica entre sapata rígida e radier flexível como fundações de casas populares em diferentes tipos de solo: estudo de caso.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema.
- Caracterizar os diferentes tipos de solo quanto a resistência.
- Dimensionar as fundações para os diferentes tipos de solo.
- Realizar orçamento para as diferentes soluções.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo a NBR 6122 (ABNT, 2010), a engenharia de fundações é um estudo não exato. Isso se dá devido às incertezas em relação ao solo, pelo fato de se estar lidando com a natureza, é muito difícil conhecer completamente o solo sobre o qual irá se construir e para cada obra existe uma solução diferente, que é mais adequada aquela situação. (VELLOSO; LOPES, 2004). Para Hachich (1998), os solos são muito diferentes entre si e atuam de um modo único as solicitações impostas, portanto toda a experiência transmitida é relevante.

De acordo com Joppert (2007), as fundações de uma edificação representam em torno de 3% a 7% do valor da obra. Entretanto erros de projeto e vícios executivos podem vir a elevar os custos das fundações. Para obras de cunho popular, as quais possuem um custo total baixo, a quantia correspondente às fundações demonstra um valor pouco representativo para a realização das mesmas e das sondagens necessárias para um bom dimensionamento da fundação.

O presente estudo será realizado, motivado pela pouca difusão da fundação em radier, pela falta de critérios técnicos estabelecidos em norma, e pela ampla aplicação de sapatas em vários tipos de solos para residências de pequeno e médio porte, além da falta de seriedade e profissionalismo quanto as investigações geotécnicas e as fundações, como um todo, de obras do segmento popular na região.

A viabilidade desse trabalho é dada pela disponibilização do projeto arquitetônico do Programa Casa Fácil, pela Associação Regional de Arquitetos e Engenheiros de Pato Branco (AREA-PB). As sondagens necessárias para a realização do estudo foram disponibilizadas pela Itagiba – Engenharia e Construções, da cidade de Palmas e pela empresa MGS Engenharia, a empresa que realiza as sondagens, da cidade de Pato Branco.

Este estudo de caso será baseado em um projeto casa popular, Programa Casa Fácil, levando em consideração laudos de sondagens de diferentes solos da cidade de Pato Branco – PR, o que confere originalidade a este trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SOLO E SUAS INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS

Para Rebello (2008), os solos são formados por rochas que sofreram processos químicos, físicos e mecânicos e originaram os diferentes tipos de solo existentes. Já Caputo (1988) diz que os solos são resultado do intemperismo de rochas, seja por desintegração mecânica ou química. Por desintegração mecânica entende-se a ação de agentes da natureza, como a água, o vento e a temperatura e por desintegração química a ação de agentes que mudam sua composição através de reações químicas, como oxidação e carbonatação, causadas principalmente pela água.

O solo, na construção civil, é responsável por receber os carregamentos vindos da estrutura que está apoiada sobre esse solo (BELL, 1985).

Os principais problemas relacionados as fundações e ao solo são a ruptura do solo e as deformações que pode vir a sofrer. A deformação é o recalque, propriamente dito e a ruptura está relacionada a capacidade de carga do solo, da estabilidade de maciços e empuxos de terra (CAPUTO, 1988).

Para Hachich (1998), os requisitos mínimos para um projeto de fundação são deformações admissíveis (recalques), segurança à ruptura do elemento da fundação (estabilidade interna) e segurança à ruptura do solo sob o qual a fundação está apoiada (estabilidade externa).

A NBR 6122 (ABNT, 2010) impõe que as situações a serem verificadas em qualquer projeto são o Estado Limite de Último (ELU), que é a segurança ao colapso total ou parcial da obra, e Estado Limite de Serviço (ELS), que é a ocorrência de deformações que comprometam o uso normal da obra.

As fundações usadas nas construções vizinhas e suas condições, o desempenho dessas fundações, a existência de subsolos, influenciam na escolha da nova fundação pelas escavações e vibrações que podem ser causadas. (VELLOSO; LOPES, 2004). Para Caputo (1988), a escolha do método e da técnica de investigação do solo deve ser em função das dimensões e finalidades da obra, das características do terreno, do comportamento e escolha das fundações das construções em torno da mesma.

A engenharia de fundações é uma arte, é com a observação do comportamento de diferentes fundações e com a experiência adquirida ao longo dos anos que ocorre o aperfeiçoamento do método de dimensionamento das fundações e sempre levando em conta as particularidades de cada solo, visto que os mesmos apresentam comportamentos distintos (HACHICH, 1998).

Para Velloso; Lopes (2004), o engenheiro que será responsável pelas fundações deve, desde o começo, estar engajado com as investigações geotécnicas do solo, o que usualmente não acontece.

Os autores entram num consenso quanto a necessidade do conhecimento do subsolo e de suas condições para a realização das fundações, de forma viável economicamente e tecnicamente seguro (CAPUTO, 1988; SCHNAID, 2000; REBELLO, 2008; HACHICH, 1998).

Caputo (1988) enfatiza que a falta de conhecimento e informações do solo sobre o qual irá se construir é comparável à um cirurgião que fará uma cirurgia sem um diagnóstico prévio.

Militisky (2008) explica que como é o solo que recebe e suporta as cargas da superestrutura, a identificação das suas características e seu comportamento são essenciais para evitar posteriores problemas.

É relevante dizer que as investigações geotécnicas representam um valor baixo em relação ao valor da obra toda (VELLOSO; LOPES, 2004).

Para a caracterização do subsolo, alguns processos de sondagem são mais utilizados, são eles:

- Poços e sondagens a trado são escavações manuais e são limitadas ao encontrar o nível d'água. Os poços permitem a visualização das camadas e as sondagens a trado retira amostras deformadas;
- Sondagem a percussão (SPT);
- Sondagens rotativas: ocorrem quando há necessidade de ultrapassar rochas (matacões e blocos) para caracterizar o solo;
- Sondagens mistas são a combinação da sondagem a percussão com a sondagem rotativa;
- Ensaio do cone (CPT) é utilizado em solos moles e estratos arenosos, devido a qualidade de suas informações e sua cravação lenta e contínua, fornecendo informações de resistência de ponta e de atrito lateral;

- Ensaio pressiométrico consiste na expansão de uma sonda colocado em um furo feito no terreno (VELLOSO; LOPES, 2004).

O alcance das investigações geotécnicas varia em função das particularidades da obra e das condições que o subsolo apresenta. O autor enfatiza que não é possível se realizar obras geotécnicas sem a realização mínima de prospecções geotécnicas (SCHNAID, 2000).

O processo de sondagem mais utilizado é o Ensaio de Penetração Normal ou SPT, tanto no Brasil quanto no mundo todo, que também é conhecido como sondagem a percussão (REBELLO, 2008).

2.1.1 *Standard Penetration Test* – SPT

A sondagem a percussão, ou *standard penetration test* (SPT) é o processo geotécnico *in situ*, capaz de amostrar o solo e medir a resistência ao longo da profundidade do furo. Com a sondagem é possível determinar a resistência (N) do solo a cada metro, conforme a cravação do amostrador-padrão, fornecer o nível d'água, quando for encontrada e caracterizar cada tipo de solo atravessado por retirada de amostras deformadas (HACHICH, 1998). Segundo Velloso; Lopes (2004), as sondagens a percussão são capazes de ultrapassar o nível d'água e atravessar solos relativamente compactos, porém não são capazes de ultrapassar matacões e blocos de rochas.

As principais vantagens do SPT em relação aos demais métodos de prospecção geotécnica são o baixo custo, a simplicidade do equipamento e a relação direta e simples do número de golpes com a resistência do solo (SCHNAID, 2000).

A norma que regulamenta e prescreve o ensaio de sondagem de simples reconhecimento de solos, como o SPT, é a NBR 6484 – SOLO – SONDAJENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO SPT – MÉTODO DE ENSAIO (ABNT, 2001) e a norma que regulamenta a programação da sondagem, ou seja, a quantidade de furos, a localização de cada furo e a profundidade é a NBR 8036 – PROGRAMA DE SONDAJENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO DOS SOLOS PARA FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS (ABNT, 1983).

A NBR 8036 (ABNT, 1983) orienta que o número e a localização de sondagens variam de acordo com o tipo de estrutura e das peculiaridades da construção. A profundidade também depende das características da obra, somado as

dimensões em planta da obra.

Após a definição da quantidade de furos, da profundidade e da localização dos mesmos, seguindo a NBR 8036/1983, segue-se para a realização do ensaio de sondagem propriamente dito, que será descrito a seguir, conforme a NBR 6484/2001 (ABNT,1983).Primeiramente com um trado-concha ou uma cavadeira, cava-se até 1m de profundidade, parte desse solo coletado pelo trado deve ser recolhido, para amostragem, e então se posiciona tubo de revestimento e o tripé, como na Figura 1, para o início da realização da sondagem nessa profundidade. A cada metro de profundidade que foi realizado o ensaio, deve-se colher amostras, pelo amostrador-padrão.

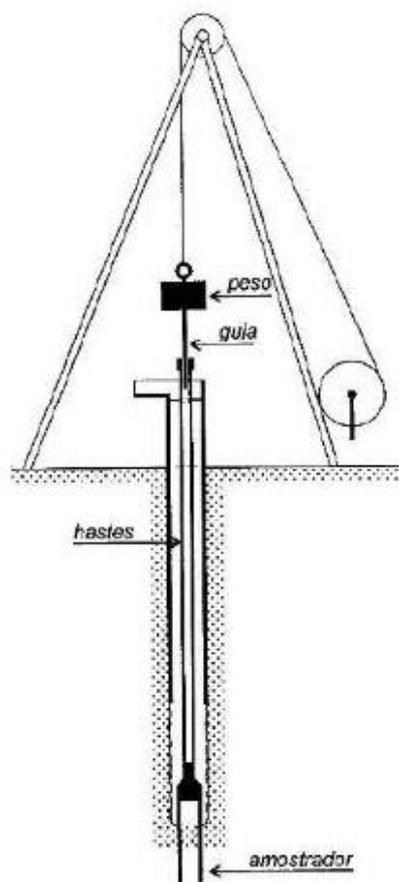


Figura 1- Tripé de sondagem

Fonte: Velloso; Lopes, 2004.

Com o amostrador-padrão posicionado, coloca-se a cabeça de bater, marcando no tubo de revestimento 45 cm, dividido em trechos iguais de 15 cm. Em seguida, o martelo padronizado, com 65 Kg, deve ser apoiado suavemente na cabeça de bater. Então se realiza a cravação do amostrador-padrão até os 45 cm por meio

de impactos sucessivos do martelo, a uma altura padrão de 75 cm. Anota-se separadamente o número de golpes que foi necessário para a cravação de cada segmento de 15 cm. Prossegue-se o furo por meio de escavação com trado até o próximo metro. Se repete esse procedimento até atingir a profundidade previamente definida e é gerado o relatório de sondagem.

Rebello (2008) explica que quando o solo a ser atravessado não apresenta coesão ou está abaixo do nível d'água, a escavação passa a ser feita por circulação de água, denominado "avanço com percolação de água". Esse procedimento se dá pela substituição do amostrador-padrão pelo trépano, a qual é uma ponteira com hastes cortantes e há a injeção de água por essas hastes de perfuração. A água sai pelos furos que existem no trépano. O solo fica amolecido pela injeção de água e pela rotação do trépano.

A soma do número de golpes necessário para a cravação do amostrador-padrão nos últimos 30 cm é dita como N ou N_{SPT} (HACHICH, 1998).

De suma importância, é a determinação do nível d'água, caso seja encontrada, deve-se aguardar até que o nível se estabilize e anotar a profundidade. Seja essa presença de água por existência de lençol freático ou por armazenamento da água da chuva (HACHICH, 1998).

Hachich (1998) expõe que as amostras de solo coletadas durante o ensaio devem ser levadas para o laboratório para classificação tátil-visual, para posterior geração do relatório de sondagem. O relatório de sondagem contém o perfil do solo, com informações sobre o nível d'água, a cota do terreno no início, as camadas que compõe o subsolo e o número de golpes necessários para a cravação de cada 15cm, até completar os 45cm (REBELLO, 2008).

As tensões admissíveis do solo são calculadas através da experiência de cada profissional, que geralmente utilizam sondagens do tipo SPT, *deep-sounding* ou dilatômetro de Marchetti. Através de equações empíricas, a resistência do solo pode ser estimada por correlações com ensaios de campo (JOPPERT, 2007).

Rebello (2008) diz que são várias as maneiras de se relacionar o número de golpes do SPT (N) com a resistência do solo. Uma forma dessa relação está na equação (1):

$$\sigma_{adm} = \sqrt{N} - 1 \quad (1)$$

Na qual σ_{adm} é a tensão admissível do solo e N é o número de golpes para cravar os últimos 30 cm no ensaio SPT.

Entretanto essa equação é falha, pois não leva em conta o tipo de solo com que está se lidando. Outras fórmulas empíricas que levam em conta o tipo de solo, que se tornam mais precisas, como demonstrado na Tabela 1:

Tabela 1 - Equações empíricas para cálculo da resistência do solo

Tipo do solo	Tensão admissível (σ_{adm})
Argila pura	$\frac{N}{4}$
Argila siltosa	$\frac{N}{5}$
Argila areno siltosa	$\frac{N}{7,5}$

Fonte: Rebello, 2008.

Sendo N o número de golpes para cravar os últimos 30 cm no ensaio SPT. Todas as equações resultam em Kgf/cm².

2.2 ESCOLHA DA FUNDAÇÃO

As fundações são divididas em dois grupos: as fundações superficiais ou rasas e as fundações profundas (VELLOSO; LOPES, 2004).

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2010), a fundação superficial é aquela na qual a carga é transmitida ao solo pela área da sua base e sua profundidade é inferior a duas vezes sua menor dimensão. Fundação profunda é a fundação que transmite a carga ao terreno pela superfície lateral, pela base ou por uma combinação das duas, numa profundidade maior que o dobro da sua maior dimensão em planta e no mínimo 3 m.

Caputo (1988) explica que fundação rasa é aquela que transmite as cargas da edificação para as primeiras camadas do solo. Para o uso desse tipo de fundação, é necessário que haja resistência satisfatória nas camadas superficiais do solo.

Hachich (1998) explica que para a definição da escolha de fundação é conveniente analisar as opções disponíveis e realizar a seleção da fundação com base no menor custo aliado ao menor prazo de execução. Entretanto alguns tipos de obra impõe o tipo de fundação único, a ser implementado nela mesma.

Na escolha da fundação superficial, considera-se viável, tanto técnica como

economicamente, o seu uso quando o valor N_{SPT} (número de golpes obtida pela sondagem) for igual ou superior a 8 e a profundidade máxima for 2m. O N_{SPT} de 8 ou mais, indica o mínimo de resistência oferecido pelo solo para o bom emprego da fundação rasa. A profundidade estabelecida está ligada aos custos de escavação e reaterro das fundações, pois profundidades superiores a esse valor tornam a utilização desse tipo de fundações inviável financeiramente. É relevante enfatizar que os critérios mencionados acima são válidos apenas se o valor do N_{SPT} continuar a crescer conforme a penetração a maiores profundidades (CAPUTO, 1988).

Para Alonso (1983) a seleção da fundação deve ser feita de maneira que as condições técnicas e econômicas sejam satisfeitas. Primeiro é feita uma eliminação das opções que não atendem aos requisitos técnicos e econômicos e, dentre as alternativas disponíveis, faz-se um comparativo de custos, buscando escolher a que seja mais econômica, desde que as escolhas sejam equivalentes tecnicamente.

Uma boa escolha de fundações ocorre com a combinação de aspectos técnicos e econômicos de cada caso. O responsável técnico pelo projeto das fundações deve estudar diferentes soluções, analisar os processos construtivos envolvidos a cada opção, levantar custos e, por fim, tomar a decisão conciliando o financeiro com a técnica (ALVA, 2007).

Para Caputo (1988), a escolha da fundação deve ser direcionada não apenas pela melhor solução teórica e econômica, mas também pela experiência do projetista. O autor expõe algumas orientações para auxiliar na tomada de decisão do profissional, são elas: ter o levantamento de cargas a serem descarregadas no solo; ter as sondagens realizadas no terreno; ter em mente qual fundação será a escolhida, fundação rasa ou profunda e lembrar que fundações superficiais são de menor custo em relação as fundações profundas.

Ainda segundo Hachich (1998) um único tipo de fundação rasa pode possuir duas opções de profundidade, pois a que for implantada mais funda terá menos volume de concreto lançado, porém mais volume de terra a ser escavado. Portanto sempre é válido estudar e examinar mais de uma alternativa de fundações e avaliar os custos aliado aos prazos de execução. Já as fundações profundas podem apresentar menores valores associados, se for levado em conta a menor movimentação de terra e menor volume dos blocos de coroamento.

Velloso; Lopes (2004), explicam que antes de se desenvolver o projeto de fundações de uma edificação, o conhecimento de alguns elementos é necessário, são

eles:

- Topografia da área: levantamento topográfico do terreno, verificar a existência de taludes ou encostas no terreno ou próximo dele e levantar dados sobre erosões.
- Dados geológico-geotécnico: investigação do subsolo e outros dados geológicos.
- Dados da estrutura a se construir: as cargas que atuarão na estrutura, o sistema estrutural escolhido, o sistema construtivo e a utilização da obra.
- Dados sobre as construções vizinhas: as fundações utilizadas no entorno e o desempenho das mesmas, os efeitos causados por equipamentos e vibrações da nova obra.

Além desses fatores e dos custos ligados as fundações, Alva (2007) põe outro fator limitante a tomada de decisão que é os tipos de fundações existentes no mercado local. Dessa maneira, se uma opção de fundação não está disponível no mercado local, é necessário fazer uma análise de viabilidade dessa fundação, se a mesma for a mais eficiente tecnicamente.

As fundações apoiadas diretamente no solo são boas opções, desde que sejam tecnicamente corretas, pois para a sua execução não são necessários equipamentos específicos e nem mão de obra especializada. Esse fato torna a fundação rasa um atrativo, na visão econômica. Estes fatos fazem com que a fundação superficial seja a primeira escolha a ser considerada na obra (JOPPERT, 2007).

Quando o solo apresenta boa capacidade de carga nas camadas mais superficiais, escolhe-se, primeiramente, a sapata isolada, que é a primeira fundação a ser considerada (ALVA, 2007). De acordo com Alonso (1983) elas são vantajosas somente se a área ocupada pela fundação abranger de 50% a 70% da área disponível.

2.3 SAPATA ISOLADA

As sapatas são elementos de fundação confeccionados em concreto armado, com altura reduzida em relação à sua base e é caracterizada por trabalhar, basicamente, à flexão. São elementos de volume que transmitem as cargas da edificação para o solo (ALONSO, 1983; HACHICH, 1998).

Utiliza-se sapatas isoladas quando o terreno proporciona boas condições de trabalho sobre ele e quando as cargas a serem descarregadas sobre o terreno são relativamente baixas (AZZEREDO, 1977).

Para Bastos (2016) e Caputo (1988), a sapata isolada é aquela que distribui o carregamento de um único pilar ou de uma viga baldrame para o solo. São vários os formatos que a sapata isolada pode assumir, porém a mais comum é a sapata retangular, devido aos pilares serem retangulares, como mostrado na Figura 2.

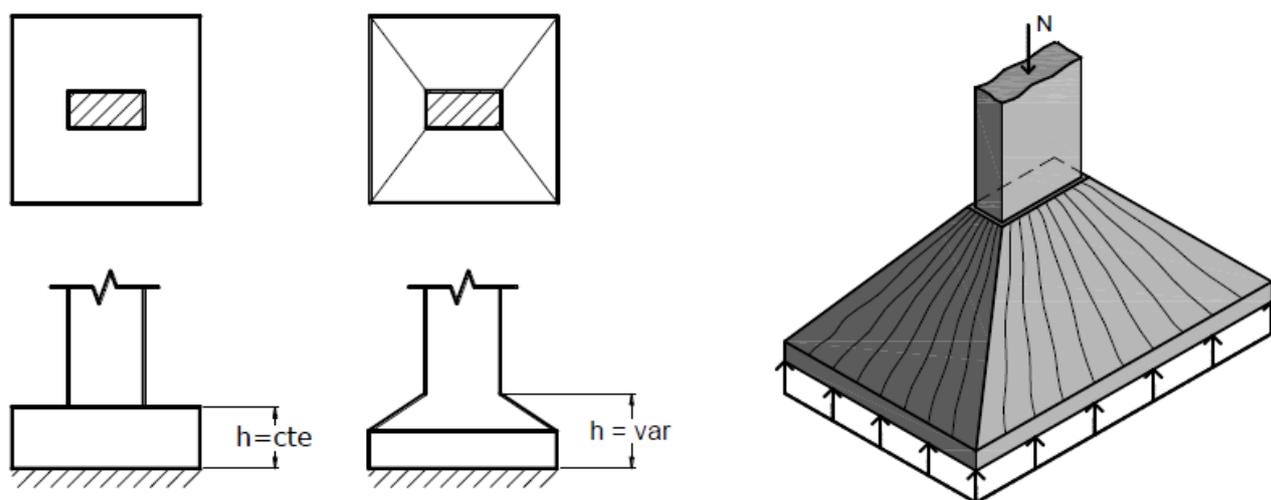


Figura 2 - Sapata isolada

Fonte: BASTOS, 2016.

As dimensões da base da sapata são definidas em função da carga vinda da superestrutura e da resistência oferecida pelo solo, de maneira que as tensões aplicadas no solo sejam pelo menos igual ou menor que a tensão admissível do solo (CAPUTO, 1988).

2.3.1 Classificação

2.3.1.1 Quanto a rigidez

A NBR 6118 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO – PROCEDIMENTO (ABNT, 2014) classifica as sapatas em rígidas e flexíveis. Para essa divisão, foi estabelecida uma relação entre as dimensões da sapata, que se for atendida, a sapata é rígida, caso contrário, é considerada flexível, e está apresentada na equação (2):

$$h \geq \frac{A - a_p}{3} \quad (2)$$

Onde

h – altura da sapata;

A – Dimensão da sapata em uma determinada direção;

a_p – Dimensão do pilar na mesma direção.

Caso a sapata seja rígida, admite-se plana a distribuição de tensões normais no relação sapata-solo (ABNT, 2010).

Bastos (2016) explica que o desejável no projeto de fundações são as sapatas rígidas, por serem menos deformáveis, mais seguras e menos sujeitas aos efeitos de punção.

Outro fator importante, destacado pela NBR 6122 (ABNT, 2010) é que quando as deformações das fundações forem capazes de influenciar a distribuição dos esforços, a interação solo-estrutura deve ser estudada.

2.3.1.2 Quanto a solitação

Para Alva (2007), as solitações as quais a sapata está sujeita, podem ser centradas ou excêntricas. As cargas centradas ocorrem quando a carga normal do pilar que solicita a sapata passa pelo centro de gravidade da sapata, para esse caso admite-se que as tensões se distribuem constante e uniformemente (Figura 3) pela base da sapata, portanto a tensão será a carga normal pela área de base da sapata, como demonstrada na equação (3):

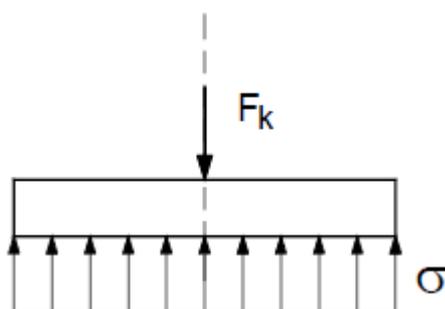


Figura 3 - Sapata sob carga centrada

Fonte: ALVA, 2007.

$$\sigma = \frac{F_k}{A_{sap}} \quad (3)$$

Já para sapatas sob cargas excêntricas, a carga vertical vinda do pilar não é aplicada no centro de gravidade da sapata (Figura 4), o que gera momentos fletores na fundação. Com a consideração da ação dos ventos, os pilares podem transmitir momentos em uma ou nas duas direções principais, portanto a sapata estará sujeita a flexão normal composta ou a flexão oblíqua composta (ALVA, 2007).

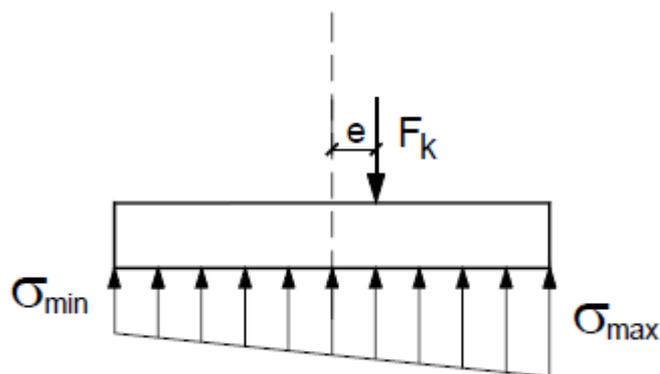


Figura 4 - Sapata sob carga excêntrica

Fonte: ALVA, 2007.

Para encontrar o valor da σ_{max} do diagrama da Figura 4, utiliza-se equações da Resistência dos Materiais para flexão composta. Porém essas equações vão depender da posição da carga em relação a uma seção específica, denominada núcleo central, mostrado na Figura 5 (ALVA, 2007).

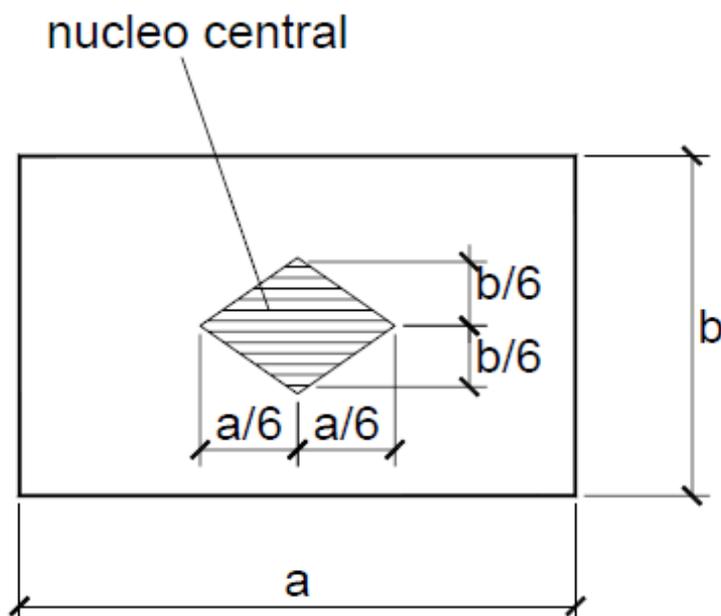


Figura 5 - Núcleo central de sapatas retangulares

Fonte: ALVA, 2007.

Quando a excentricidade está em uma única direção, o ponto de aplicação pode estar dentro, no limite ou fora do núcleo central de inércia (BASTOS, 2016).

Quando o ponto de aplicação da carga está localizado dentro do núcleo central, como disposto na Figura 6, onde ($e < a/6$), sendo e o valor da excentricidade do carregamento, a tensão pode ser encontrada pela equação (4) e as tensões máximas e mínimas podem ser encontradas pelas equações (5) e (6), respectivamente (BASTOS, 2016):

$$\sigma = \frac{N_k}{A \cdot B} \pm \frac{M \cdot y}{I} \quad (4)$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_k}{A \cdot B} \left(1 + \frac{6e}{A} \right) \quad (5)$$

$$\sigma_{min} = \frac{N_k}{A \cdot B} \left(1 - \frac{6e}{A} \right) \quad (6)$$

Onde:

M = é o momento fletor gerado pela excentricidade;

e = excentricidade da força normal.

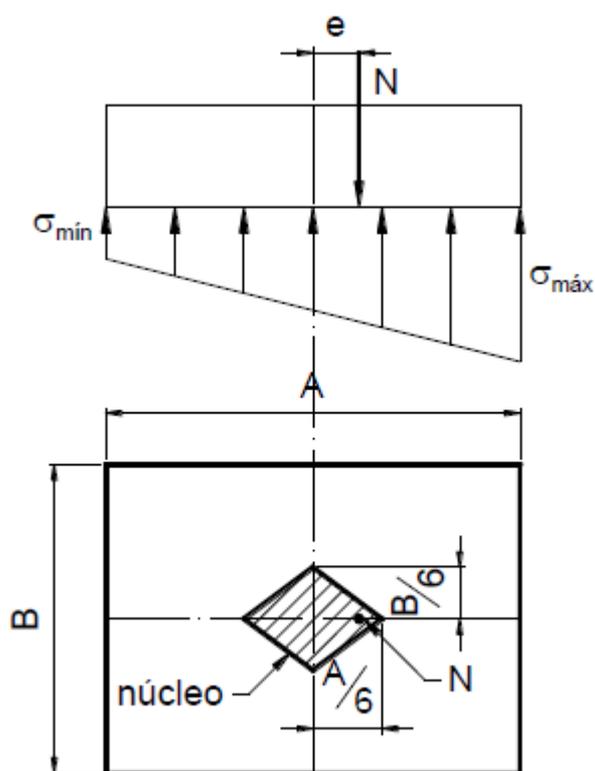


Figura 6 - Carga aplicada dentro do núcleo central

Fonte: BASTOS, 2016.

Quando a excentricidade está no limite do núcleo central, demonstrado na Figura 7, ($e=A/6$), a equação (7) da tensão máxima está a seguir.

$$\sigma_{max} = 2 \frac{N_k}{A \cdot B} \quad (7)$$

Como pode-se notar, pela Figura 7, a tensão mínima aplicada é zero.

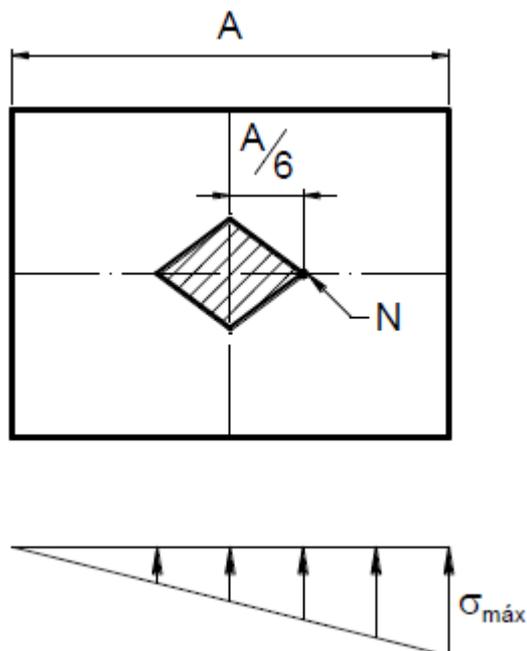


Figura 7 - Carga aplicada no limite do núcleo central

Fonte: BASTOS, 2016.

Quando a força aplicada está fora do núcleo central de inércia (Figura 8), ($e > a/6$), parte da base da sapata fica sujeita a tensões de tração. Neste caso, é desconsiderado a parte tracionada do diagrama e considera apenas a parte comprimida. A tensão máxima está representada na equação (8).

$$\sigma_{max} = \frac{2N_k}{3B \left(\frac{A}{2} - e \right)} \quad (8)$$

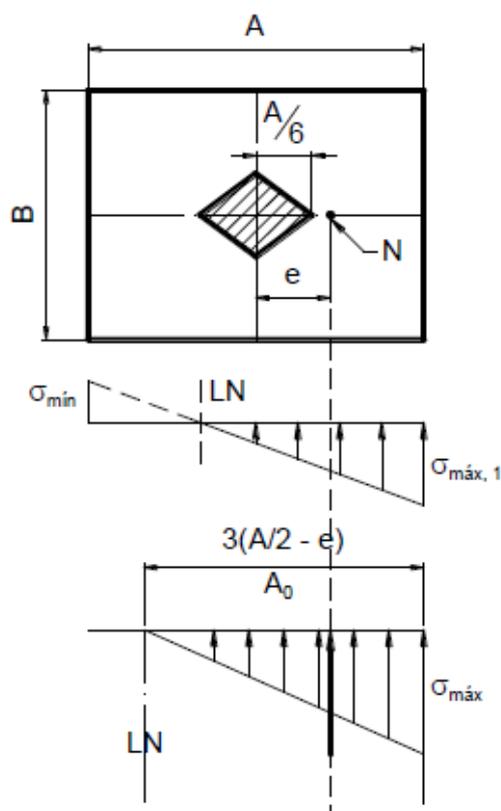


Figura 8 - Carga aplicada fora do núcleo central

Fonte: BASTOS, 2016.

Quando a excentricidade está disposta nas duas direções (Figura 9), o equilíbrio se dá com as pressões atuando em apenas uma parte da área da base da sapata. A tensão está disposta na equação (9):

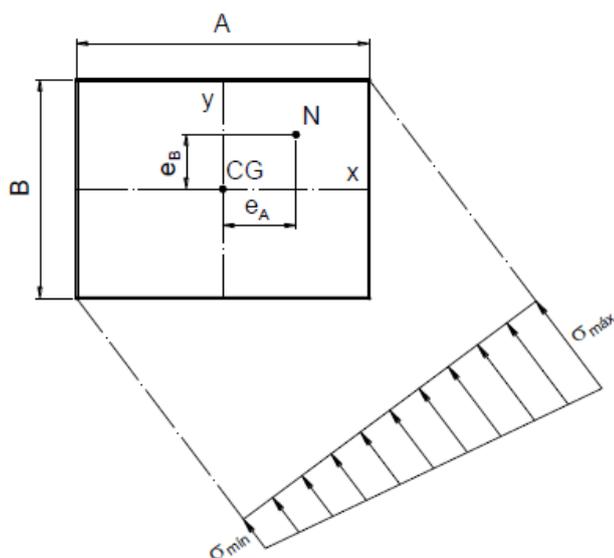


Figura 9 - Tensões na sapata com $\frac{e_A}{A} + \frac{e_B}{B} \leq \frac{1}{6}$

Fonte: BASTOS, 2016.

$$\sigma = \frac{N_k}{A \cdot B} \pm \frac{M_B \cdot y}{I} \pm \frac{M_A \cdot y}{I} \quad (9)$$

Quando $\frac{e_A}{A} + \frac{e_B}{B} \leq 1/6$, as tensões são exclusivamente de compressão na sapata e as tensões máxima e mínima são as equações (10) e (11), respectivamente:

$$\sigma_{max} = \frac{N_k}{A \cdot B} \left[1 + \frac{6e_A}{A} + \frac{6e_B}{B} \right] \quad (10)$$

$$\sigma_{min} = \frac{N_k}{A \cdot B} \left[1 - \frac{6e_A}{A} - \frac{6e_B}{B} \right] \quad (11)$$

E quando $\frac{e_A}{A} + \frac{e_B}{B} \geq 1/6$, parte da seção passa a ser tracionada, pode ser vista na Figura 10. E as equações para as tensões máxima (equação (12)) e mínima (equação (13)) seguem a diante.

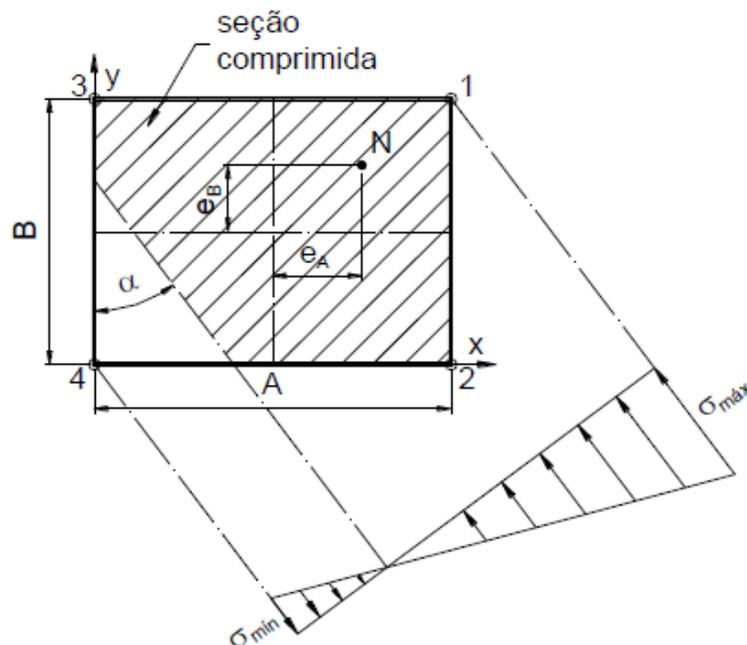


Figura 10 - Tensões na sapata com $\frac{e_A}{A} + \frac{e_B}{B} \geq 1/6$

Fonte: BASTOS, 2016.

$$\sigma_{max} = \sigma_1 = \frac{N_k}{\lambda_1 A \cdot B} \quad (12)$$

$$\sigma_{min} = \sigma_4 = \lambda_4 \cdot \sigma_1 \quad (13)$$

λ_1 e λ_4 são determinados pelo Ábaco de determinação de tensões máximas para sapatas com dupla excentricidade que está no anexo A.

2.3.2 Método de Dimensionamento

A primeira fase do dimensionamento geométrico das fundações é o seu posicionamento em planta, baseado na tensão admissível do solo (σ_{adm}), estimada pelas sondagens (HACHICH, 1998).

O dimensionamento a seguir segue o tradicional Método das Bielas, que é citado na NBR 6118/2014.

Considerando o pilar retangular, de dimensões $a_p \times b_p$ e a carga normal da sapata P , a área necessária para a sapata é (equação (14)):

$$A = \frac{P}{\sigma_a} = A \cdot B \quad (14)$$

Sendo A e B as dimensões da sapata em planta (HACHICH, 1998). Para melhor visualizar as dimensões da sapata, segue a Figura 11.

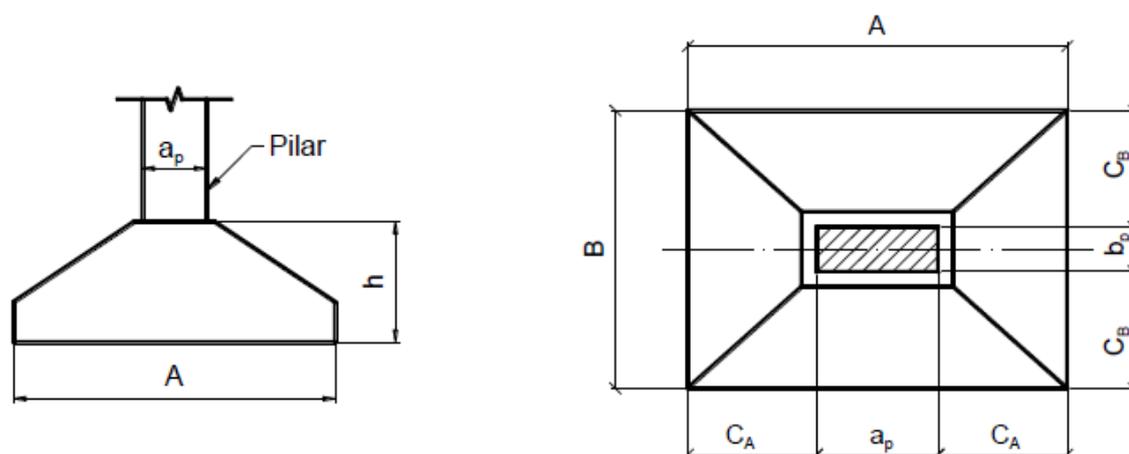


Figura 11 - Dimensões da sapata

Fonte: BASTOS, 2016.

Para Hachich (1998), o dimensionamento econômico da sapata é aquele que leva a momentos flettores aproximadamente iguais nas duas direções, porém para isso, as abas ou balanços (C_A e C_B) devem ser aproximadamente iguais. Alonso (1983) também sugere que, sempre que for possível, buscar dimensões A e B de forma a se obter balanços iguais nas duas direções, em relação às faces do pilar.

Bastos (2016) explica que para se obter momentos flettores semelhantes e, como consequência, armaduras de flexão não muito distintas nas duas direções da sapata, busca-se alcançar dimensões A e B de modo que os balanços sejam muito próximos.

Para Alva (2007), para sapatas isoladas duas condições devem ser atendidas: a primeira é que o centro de gravidade da sapata deve coincidir com o centro de gravidade do pilar e a segunda é que deve ser feita uma estimativa da área da base da sapata, que deve atender a equação (15), supondo que a carga está centrada, que é a mesma ideia exposta por Bastos.

$$A_{sap} = \frac{K_{maj} N_k}{\sigma_a} \quad (15)$$

Na qual: N_k = carga vertical do pilar, valor característico; e K_{maj} = coeficiente de majoração das cargas verticais permanentes (BASTOS, 2016).

A NBR 6122 (ABNT, 2010) determina que para a consideração do peso próprio de fundações, como blocos de coroamento e sapatas, o mínimo é de 5% das cargas verticais permanentes.

Sendo $c_A = c_B$, tem-se as equações (16) e (17):

$$A - a_p = B - b_p \quad (16)$$

$$A - B = a_p - b_p \quad (17)$$

Substituindo a equação (17) na área da sapata, tem-se (equação (18)):

$$A_{sap} = A.B = A[A(a_p - b_p)] \quad (18)$$

A área da sapata pode ser encontrada como, para balanços iguais, pela equação (19):

$$A = \frac{a_p - b_p}{2} + \sqrt{\frac{(a_p - b_p)^2}{4} + A} \quad (19)$$

Provavelmente, as dimensões encontradas com as equações acima, não sejam suficientes, pois não levam em conta as tensões geradas pelos momentos fletores. Deste modo é necessário que as dimensões sejam suficientes para distribuir as tensões no solo sem atingir a tensão admissível do solo (ALVA, 2007).

Para balanços diferentes nas duas direções, de acordo com Bastos (2016), ou seja, $c_A \neq c_B$, recomenda-se que a relação máxima entre os lados respeite a equação (20):

$$R = \frac{A}{B} \leq 3 \quad (20)$$

Considerando R a relação entre os lados, a área da sapata, equação (21), pode ser encontrada da seguinte forma, equação (22):

$$A_{sap} = A.B \quad (21)$$

$$A_{sap} = R \cdot B^2 \quad (22)$$

Na determinação da altura da sapata, Alva (2007) expõe três fatores determinantes: a rigidez da sapata; o comprimento de ancoragem necessário para a armadura do pilar e a verificação do cisalhamento por força cortante.

- a) A rigidez da sapata está diretamente ligada à altura pois sempre busca-se dimensionar sapatas rígidas, a não ser que a resistência do solo torne mais recomendável o uso da sapata flexível.
- b) O comprimento de ancoragem necessário (l_b) é primordial pelo fato de que a altura da sapata tem que ser suficiente para que as forças na armadura do pilar sejam transferidas ao concreto da fundação, incluindo o cobrimento de proteção das armaduras (c), representada pela equação (23):

$$h \geq l_b + c \quad (23)$$

- c) Quanto à verificação do cisalhamento na fundação é desejável evitar o uso de armadura transversal a força cortante. Em geral, a altura obtida pelos fatores anteriores não é suficiente para dispensar o uso dessa armadura. Portanto o autor recomenda iniciar o dimensionamento pela verificação do cisalhamento para isentar a utilização da armadura transversal, antes do dimensionamento das armaduras longitudinais.

Para o cálculo da tensão de cisalhamento resistente da compressão diagonal do concreto na superfície crítica c e para a tensão de cisalhamento solicitante, tem-se a equação (24) (BASTOS, 2016):

$$\tau_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_v \cdot f_{cd} \quad (24)$$

Onde α_v é encontrada pela equação (25):

$$\alpha_v = \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \quad (25)$$

f_{ck} = é a resistência característica do concreto, em MPa;

f_{cd} = é a resistência de cálculo do concreto, em MPa.

A tensão de cisalhamento solicitante é calculada por meio da equação (26):

$$\tau_{Sd} = \frac{F_{Sd}}{\mu_0 \cdot d} \quad (26)$$

Onde:

F_{Sd} = força solicitante de cálculo;

μ_0 = perímetro do contorno crítico (pilar);

d = altura útil ao longo do contorno crítico, como exemplificado na Figura 12.

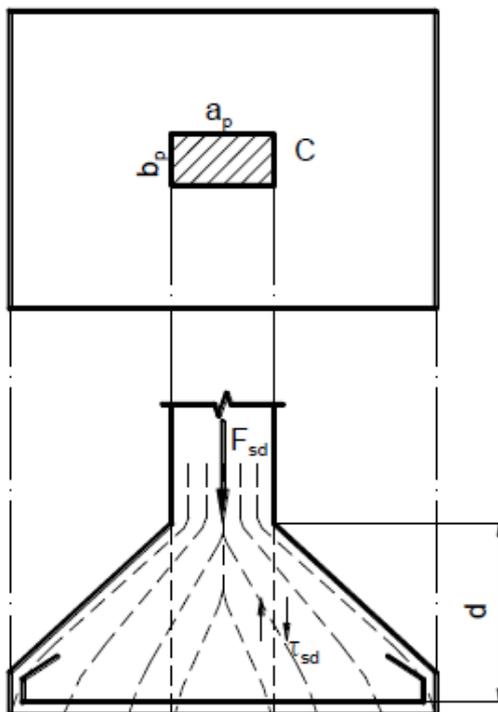


Figura 12 - Tensão de cisalhamento na sapata

Fonte: BASTOS, 2016.

Para a verificação do cisalhamento, a equação (27) deve ser respeitada:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{Rd2} \quad (27)$$

No dimensionamento da armadura a flexão, os momentos são calculados para cada direção em relação a uma seção de referência (s_{1A} ou s_{1B}) plana. Essa seção está situada a $0,15a_p$ da face do pilar e é perpendicular à superfície de apoio (Figura 13) (BASTOS, 2016).

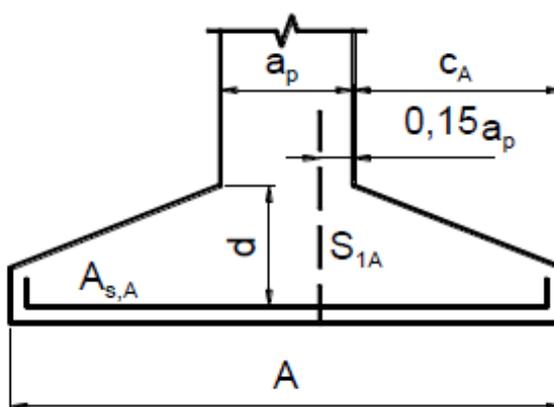


Figura 13 - Seção de referência s_{1A}

Fonte: BASTOS, 2016.

O momento fletor da seção de referência é calculado de acordo com a reação

do solo na base da sapata. Ambas as direções devem ser consideradas e o valor do menor momento fletor deve ser, no mínimo, 1/5 do maior momento fletor (BASTOS, 2016).

No cálculo da armadura de flexão, o método é o mesmo das vigas solicitadas a flexão simples. Se, por acaso, houver momentos fletor negativo, deverá ter uma armadura negativa, para suportar o momento (BASTOS, 2016).

Para encontrar o valor dos balanços c_A e c_B , (equações (28) e (29), respectivamente) para encontrar os valores de x_A e x_B que são as posições das seções de referências, por meio das equações (30) e (31) (Figura 14).

$$c_A = \frac{A - a_p}{2} \quad (28)$$

$$c_B = \frac{B - b_p}{2} \quad (29)$$

$$x_A = c_A + 0,15a_p \quad (30)$$

$$x_B = c_B + 0,15b_p \quad (31)$$

A pressão que a sapata exerce no solo, e que também é a reação do solo, pode ser encontrada pela equação (32):

$$p = \frac{N_k}{A \cdot B} \quad (32)$$

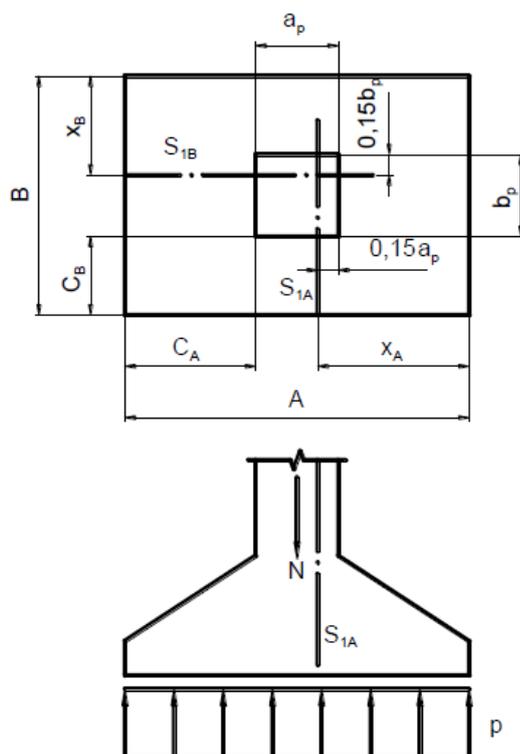


Figura 14 - Notações das seções de referências

Fonte: BASTOS, 2016.

As áreas da sapata a serem consideradas no cálculo dos momentos fletores são representadas nas equações (33) e (34):

$$A_{1A} = x_A \cdot B \quad (33)$$

$$A_{1B} = x_B \cdot A \quad (34)$$

Analisando a pressão no solo atuando em cada área de referência, encontra-se a força resultante, por meio das equações (35) e (36), como mostrado na Figura 15:

$$R_{1A} = p \cdot A_{1A} \quad (35)$$

$$R_{1B} = p \cdot A_{1B} \quad (36)$$

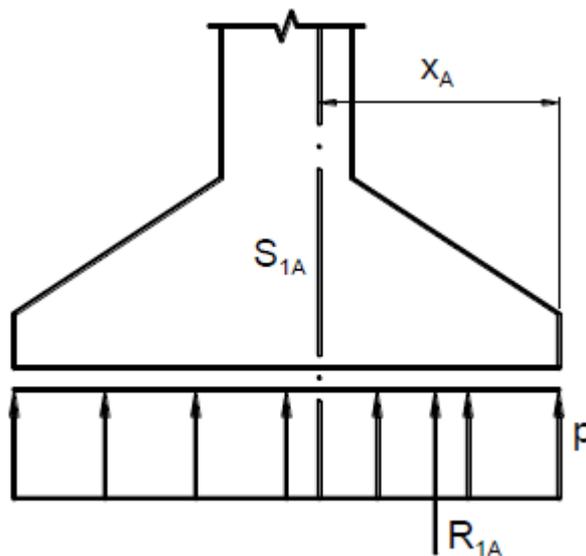


Figura 15 - Resultante da pressão no solo R_{1A}

Fonte: BASTOS, 2016.

E os momentos fletores resultantes nas seções s_{1A} e s_{1B} , são mostrados nas equações (37) e (38):

$$M_{1A} = R_{1A} \cdot \frac{x_A}{2} = p \frac{x_A^2}{2} B \quad (37)$$

$$M_{1B} = R_{1B} \cdot \frac{x_B}{2} = p \frac{x_B^2}{2} A \quad (38)$$

Em sapatas que possuem as faces superiores inclinadas, a seção de concreto que será comprimida, possui a forma de um trapézio, como na Figura 16. Portanto se faz uma consideração no cálculo das armaduras de flexão. Essa consideração foi simplificada por Machado, que é uma seção retangular com o braço de alavanca $z=0,85d$, e a armadura é calculada da seguinte por meio da equação (39) (BASTOS, 2016):

$$A_s = \frac{M_d}{0,85d \cdot f_{yd}} \quad (39)$$

Onde f_{yd} = é a resistência de cálculo do aço à tração minorado com o coeficiente de ponderação de 1,15.

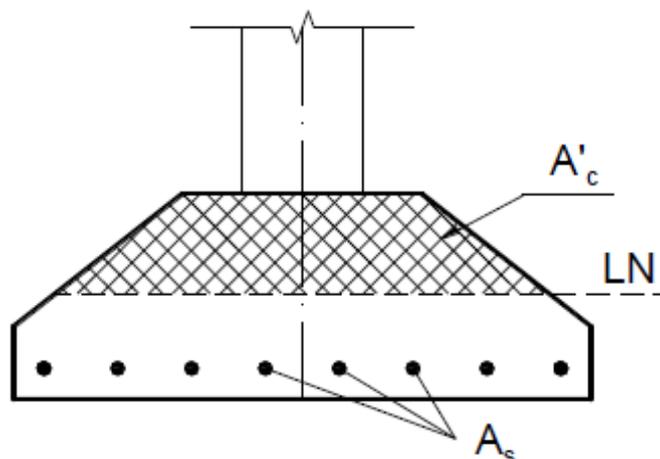


Figura 16 - Área comprimida do concreto

Fonte: BASTOS, 2016.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) fala que o detalhamento das armaduras de flexão na sapata deve ser uniformemente distribuído ao longo de todo o comprimento da sapata, prolongam-se de face a face da sapata e finalizando com ganchos nas duas extremidades.

Bastos (2016) recomenda que na intenção de evitar possíveis problemas de preenchimento do concreto entre barras de aço e na forma e reduzir o risco de fissurações, busca-se utilizar um intervalo de espaçamento entre barras de 10cm a 20cm.

A verificação a punção em sapatas é mais relevante no caso de sapatas flexíveis. A sapata rígida não rompe a punção por estar completamente inserida dentro do cone de punção, e também devido as suas dimensões (BASTOS, 2016).

A última consideração feita por Bastos (2016) é sobre a resistência contra o tombamento da sapata, na condição mais desfavorável, deve satisfazer a equação (40):

$$\left(\frac{e_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{e_B}{B}\right)^2 \leq \frac{1}{9} \quad (40)$$

2.3.3 Recomendações Construtivas

A principal recomendação para a execução de sapatas, e de outras fundações superficiais, é manter o fundo da escavação nivelado e seco e, antes da concretagem do elemento, receber um lastro de concreto magro de, no mínimo, 5 cm de espessura (VELLOSO; LOPES, 2004).

De acordo com Bastos (2016), a superfície de topo da sapata deve possuir uma área maior que a área do pilar, com no mínimo 2,5 ou 3 cm, pois isso facilitará a montagem das formas dos pilares. O ângulo α da inclinação da sapata deve ser 30° ou menos, porque esse é o ângulo do talude natural do concreto fresco, com isso evita a confecção de formas adicionais. E, por fim, para evitar a ruptura nos lados da sapata, é essencial a executar as faces externas em superfície vertical, com orientação de h_0 :

$$h_0 \geq \begin{cases} h/3 \\ 15cm \end{cases}$$

A concretagem da sapata deve seguir as especificações existentes no projeto estrutural e após a cura da sapata, deve-se realizar o reaterro compactado da cava (ABNT, 2010).

Os lados A e B da base da sapata devem ser múltiplos de 5cm, por questões práticas (BASTOS, 2016).

De acordo com Alonso (1983), a sapata não deve possuir nenhuma dimensão inferior a 60cm e que a relação entre os lados A e B da base da sapata deve ser inferior ou no máximo igual 2,5.

2.4 RADIER

A fundação em radier é caracterizada quando todos os pilares da superestrutura transmitem as cargas por meio de uma única sapata (HACHICH, 1998).

Em geral, uma fundação em radier é adotada quando as áreas das sapatas ficam muito próximas entre si, ou chegam a se sobrepor uma sobre as outras (devido a grandes cargas vindas dos pilares) e quando busca-se uniformizar os recalques (VELLOSO; LOPES, 2004).

Bell (1985) expõe que radier é utilizado como solução econômica para

terrenos os quais possuem baixo índice de suporte ou onde os recalques devem ser os menores possíveis.

Pelo fato do radier envolver todos os pilares, seu custo fica elevado, devido ao grande consumo de concreto e a dificuldade de execução em terrenos pequenos. Por esses fatos, o radier é pouco utilizado como forma de fundação (HACHICH, 1998).

Velloso; Lopes (2004) indicam que quando a área total das sapatas a serem utilizadas forem superiores a metade da área projetada da edificação, deve-se usar a fundação em radier.

O radier consiste em criar uma placa de concreto armado sob toda a área da edificação, para que a distribuição das cargas se dê o mais uniforme possível.

Em geral, o radier irá seguir o arranjo dos pilares da edificação e o centro de gravidade do radier será o mesmo do centro de gravidade das cargas (BELL, 1985).

2.4.1 Classificação

Velloso; Lopes (2004) classificam o radier quanto a sua forma ou quanto ao sistema estrutural, sendo os 4 principais, como demonstrado da Figura 17:

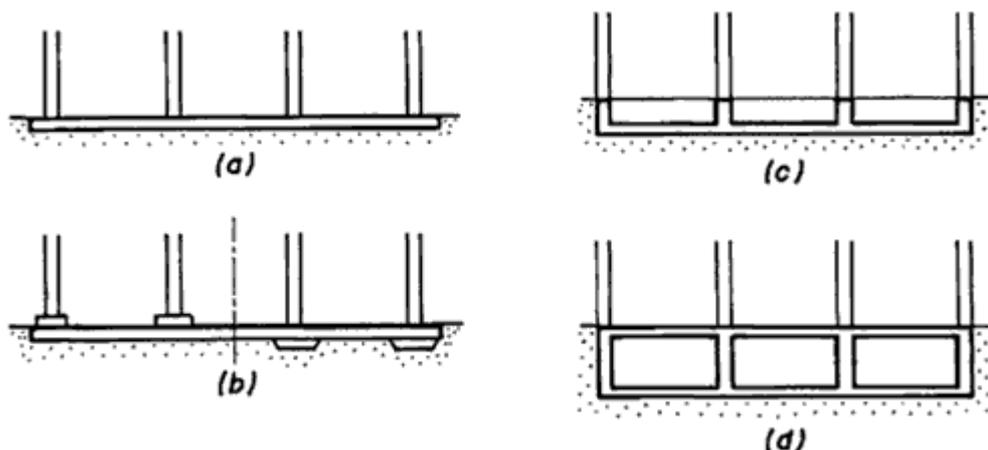


Figura 17 - Tipos de radier: a) radier liso; b) radier com pedestais ou cogumelos; c) radier nervurado; d) radier em caixão

Fonte: HACHICH, 1998.

2.4.2 Métodos de Dimensionamento

Para se dimensionar o radier de uma edificação é necessário a participação do projetista de fundações e do projetista estrutural, de modo que as dimensões sejam adequadas tanto para as fundações, quanto para a estrutura (HACHICH, 1998).

Santos e Brito (2000) falam que o dimensionamento de um radier pode ser feito como de uma laje sobre um meio elástico, em geral.

Para o dimensionamento do radier, pode-se citar alguns métodos: método de placa sobre o solo de *Winkler*, método do *American Concrete Institute* e o método dos elementos finitos, sendo que o método dos elementos finitos foi tido como objeto de estudo deste trabalho.

Existem ainda outros métodos tais como o método estático e o método das diferenças finitas, porém ambos possuem limitações, fazendo com que não sejam indicados para o dimensionamento.

2.4.2.1 Método de placa sobre o solo de *Winkler*

Na hipótese de *Winkler*, as pressões de contato do solo são proporcionais aos recalques do mesmo (DÓRIA, 2007).

A equação do deslocamento de uma placa delgada sob uma cama de molas é a equação (41), sendo considerada uma região afastada dos carregamentos (VELLOSO; LOPES, 2004).

$$D \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right) + k \cdot w = 0 \quad (41)$$

Sendo o 'D' a rigidez a flexão da placa, e é dada na equação (42) por Velloso; Lopes (2004):

$$D = \frac{E_c t^3}{12(1 - \nu^2)} \quad (42)$$

Onde:

t = espessura da placa

E_c = módulo de elasticidade do material da placa (concreto)

ν = coeficiente de *Poisson* do material.

2.4.2.2 Método do *American Concrete Institute*

O método do *American Concrete Institute* é baseado na hipótese de *Winkler*, porém aplicado apenas a radiers lisos e flexíveis (DÓRIA, 2007).

Os momentos fletores e os esforços cortantes são calculados em pontos da placa gerados por cada pilar. Em seguida, somam-se as ações nos pontos de estudo (VELLOSO; LOPES, 2004).

De acordo com Dória (2007), uma sequência de dimensionamento pode ser seguida para auxiliar:

- Cálculo da rigidez a flexão da placa;
- Escolha dos pontos de análise da placa;
- Cálculo dos momentos fletores, convertendo para coordenadas retangulares;
- Cálculo dos esforços cortantes, convertendo para coordenadas retangulares.

Repete-se os dois últimos passos para todos os pilares.

2.4.2.3 Método dos elementos finitos

O método dos elementos finitos emprega funções aproximadas que busca simular o campo de deslocamentos dos elementos (DÓRIA, 2007).

O método dos elementos finitos é amplamente utilizado em programas comerciais, para análises lineares bi ou tridimensionais de estruturas (VELLOSO; LOPES, 2004).

Neste método o radier é considerado como uma placa sobre apoios elásticos, sendo que estes apoios representam a rigidez do solo (Figura 18).

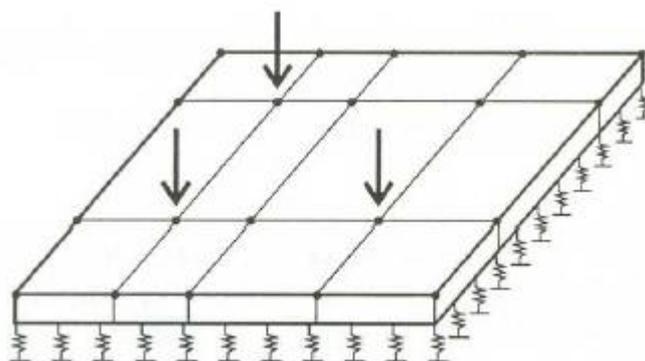


Figura 18 - Placa sobre apoio elástico

Fonte: DÓRIA, 2007.

Outra forma de consideração é o solo, o mesmo é considerado como um elemento sólido e o radier ainda como placa (Figura 19), sendo uma forma mais complexa de análise, e desse modo pode se levar em conta a heterogeneidade do solo (DÓRIA, 2007).

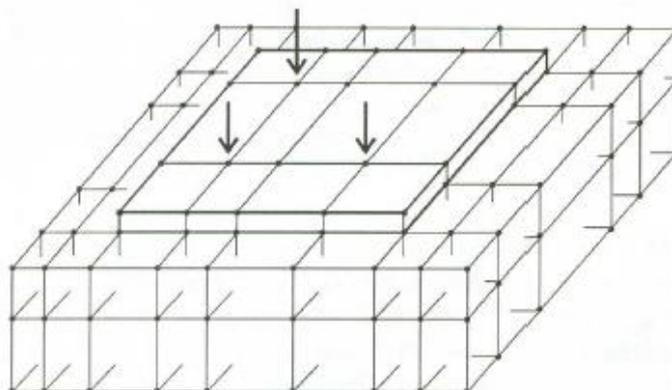


Figura 19 - Placa sobre elemento sólido

Fonte: DÓRIA, 2007.

Na maioria das vezes, o solo se apresenta heterogêneo, sendo que é difícil defini-lo, logo que as investigações são feitas em pontos definidos do terreno (VELLOSO; LOPES, 2004).

Esse método é vantajoso pois permite uma análise de placas com formas diferenciadas e mais complicadas e alteração do solo no plano horizontal (VELLOSO; LOPES, 2004).

2.4.2.4 Analogia de Grelha

A analogia de grelha é um método muito utilizado na análise de lajes devido a sua facilidade de utilização e compreensão (DÓRIA, 2007).

Santos e Brito (2000) explicam o método como vigas de fundação ligando a base dos pilares. Essa pode ser uma boa solução quando a carga vinda dos pilares é baixa.

De acordo com Velloso e Lopes (2004), o cálculo rigoroso de grelhas sobre bases elásticas é feito usando o método dos elementos finitos, com vigas representadas por elementos unidimensionais e o solo por molas.

Este método consiste em transformar o radier em uma grelha equivalente composta por elementos barra, na qual cada barra representa uma faixa da laje, conforme o espaçamento escolhido para a malha (DÓRIA, 2007).

2.4.3 Recomendações Construtivas

De acordo com Almeida (2001), as fissuras podem ser causadas pelo próprio

solo, pela retração do concreto ou ao comportamento térmico do concreto. Portanto Dória (2007) recomenda que para evitar fissuras de variações de temperatura deve-se instalar juntas, tanto de expansão quanto de retração.

Ainda segundo Almeida (2001), fissuras por retração da evaporação da água do concreto podem ser evitadas se o concreto for bem dosado, a cura e a realização de juntas de contração forem bem executadas.

As instalações hidrossanitárias e eletrodutos devem ser posicionados antes da concretagem, assim como as armaduras de escadas e de arranque de pilares, para evitar cortes na laje já pronta (DÓRIA, 2007).

Outras recomendações expostas por Dória (2007), são que as formas devem ser dispostas nas 4 laterais dos radier, fechando a área a ser concretada, na altura estipulada no projeto estrutural. O solo que vai servir de base para o radier deve ser nivelado e bem compactado.

De acordo com Santos e Brito (2000) o processo executivo do radier não é muito diferente do processo construtivo de fundações superficiais, como sapatas. Entretanto, algumas particularidades que caracteriza o radier.

Os autores sugerem que assim que a vala na qual será realizada a execução do radier estiver pronta, deve-se verificar a qualidade do solo por toda a extensão da escavação, pois dessa maneira pode-se encontrar bolsas de solo mais fraco ou deformações das quais a sondagem não detectou.

Uma forma de se verificar a qualidade desse solo é passar com um caminhão por toda a extensão do solo escavado e verificar o comportamento do solo por onde as rodas passaram. Caso haja solo de qualidade inferior, o mesmo deve ser tratado ou substituído, para não comprometer o bom funcionamento do radier como fundação.

Consequente, executa-se a regularização e a compactação do solo onde será instalado o radier. E sobre o solo compactado, coloca-se uma camada de regularização, geralmente de brita (Figura 20).

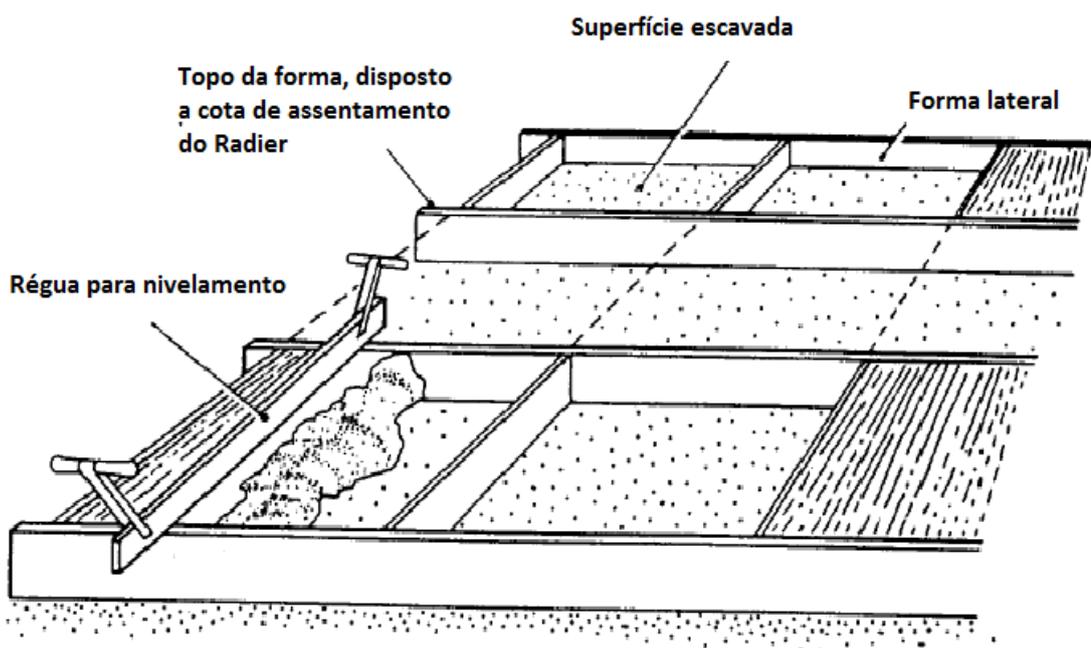


Figura 20 - Exemplo da execução da camada regularizadora

Fonte: Adaptado de SANTOS; BRITO, 2000.

Almeida (2001) também expõe que uma camada de brita graduada compactada regularizadora de 10cm deve ser colocada sob o radier, pois evitará possíveis movimentos de assentamento, fornecendo um suporte firme e uniforme para a laje. Em concordância, Santos e Brito (2000) expõe que essa camada fornece uma base forte para a sustentação do radier e também evita a mistura do concreto com o solo desagregado.

Sobre as armaduras a serem usadas no radier, não existem muitas recomendações específicas, pois se assemelham às outras estruturas de concreto armado, como por exemplo as armaduras existentes em lajes, ou seja, as malhas de armadura inferior e superior.

Entretanto, nos pilares de periferia e de centro, existem algumas particularidades que são apresentadas nas Figuras 21 e 22, especialmente as armaduras de punção da laje. Na Figura 21, que são os pilares de centro, existe uma armadura mais reforçada para fazer a ancoragem do pilar na laje. Na Figura 22, nos pilares de canto, existe uma armadura de simulação de uma viga de reforço, já que não existe continuidade da laje.

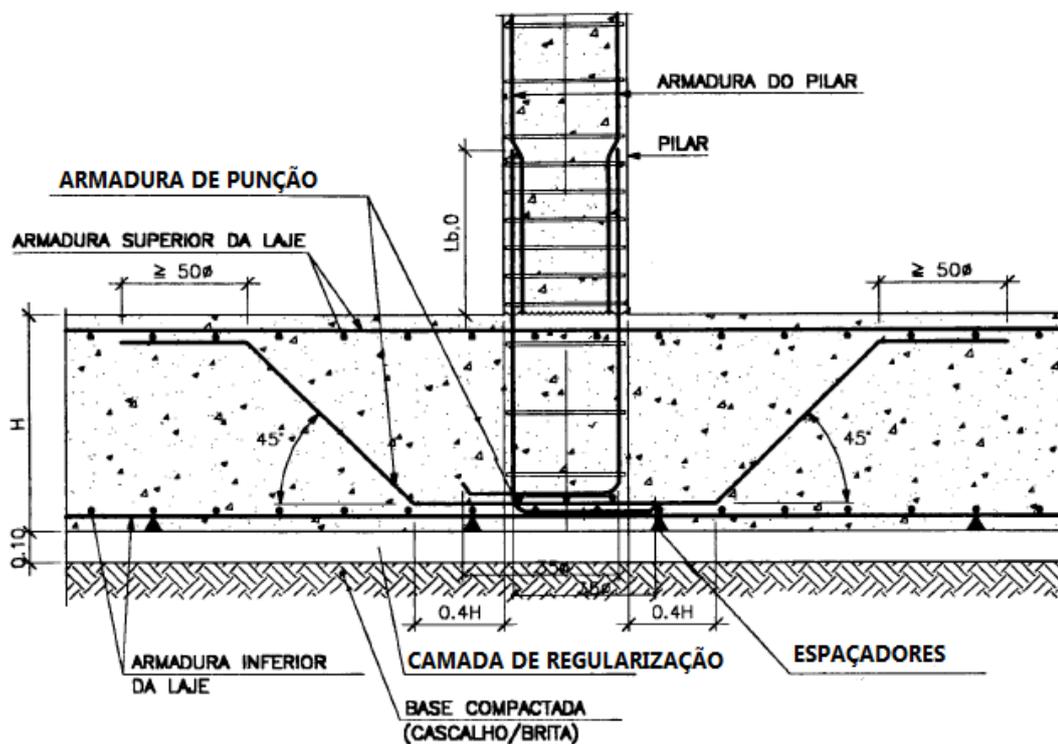


Figura 21 - Armadura da laje e armadura de arranque do pilar para pilares de centro

Fonte: Adaptado de SANTOS; BRITO, 2000.

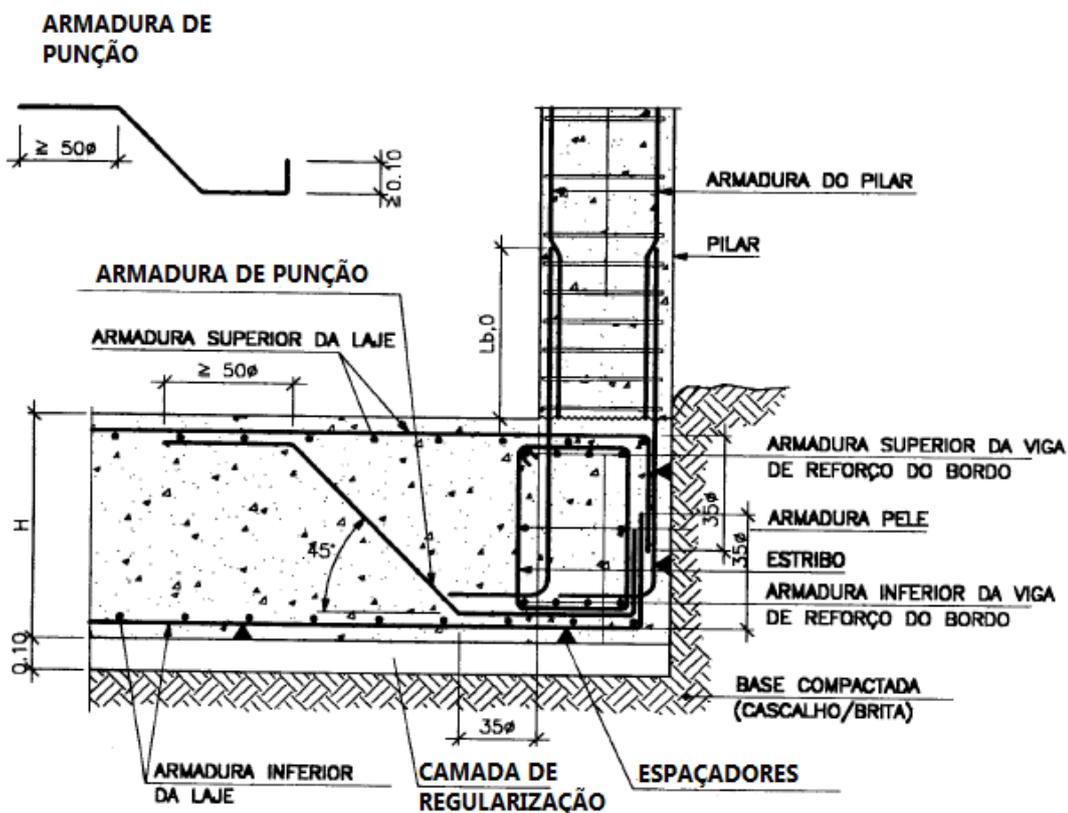


Figura 22 - Armadura da laje, armadura de arranque de pilares de extremidade e armadura de punção

Fonte: Adaptado de SANTOS; BRITO, 2000.

Outro fator importante é o adensamento do concreto do radier, para evitar a existência de vazios. As zonas porosas causadas pela falta de vibração do concreto se tornam portas de entrada de umidade e substâncias químicas que podem corroer e deteriorar o concreto e as armaduras. Porém, a vibração excessiva também é prejudicial, pois pode causar segregação do concreto (SANTOS; BRITO, 2000).

2.5 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL E AÇÕES ATUANTES

Inicialmente, a concepção estrutural deve acolher a finalidade da edificação e satisfazer, dentro do possível, as imposições propostas pela arquitetura (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2003).

2.5.1 Ações

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), no procedimento de análise estrutural deve-se levar em conta todas as ações que possam causar esforços significativos na estrutura em questão, considerando os estados limites último e de serviço.

Os esforços vindos da superestrutura devem ser fornecidos pelo projetista estrutural, por meio das ações e suas combinações, conforme descrito na NBR 8681. (NBR 6122, 2010).

As ações que são mais comuns de ocorrer em fundações podem ser classificadas de maneiras diferentes: cargas permanentes e cargas variáveis. As cargas permanentes são o peso próprio, o empuxo de terra, etc. e as cargas variáveis são cargas de uso e ocupação, cargas acidentais (explosões) e ambientais (ventos) (HACHICH, 1998).

Outras ações que a NBR 6122 (ABNT, 2010) considera são as ações decorrentes do terreno, como empuxos de terra, os quais podem afetar a estabilidade da estrutura. As ações decorrentes de águas superficiais e subterrâneas devem ser consideradas. As ações excepcionais também podem ser acatadas quando a finalidade da obra exigir a consideração das mesmas.

Para fundações rasas, Rebello (2008) diz que são recomendadas cargas mais baixas, por isso entende-se a horizontalizar a edificação, ou reduzir a distância entre

pilares. Quando os pilares estão mais próximos, a superestrutura fica mais rígida, o que é desejável para fundações rasas, pois estruturas rígidas geram recalques mais uniformes, sem prejudicar de maneira significativa, a construção.

2.5.2 Concepção Estrutural

A concepção estrutural é a escolha do sistema estrutural que irá compor a estrutura. Nada mais é que o lançamento da estrutura, que consiste em escolher os elementos componentes da estrutura, posicioná-los de forma suficiente a garantir eficiência e rigidez ao conjunto, capacidade de receber as ações atuantes e transmiti-los as fundações e das fundações para o solo (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2003).

A escolha do sistema estrutural depende de fatores técnicos e econômicos, como por exemplo disponibilidade de materiais, mão de obra e equipamentos para a execução. No caso de residências e alguns edifícios comerciais, o fator determinante para a seleção do sistema estrutural é o econômico (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2003).

A definição da estrutura se inicia com o lançamento dos pilares e posteriormente, posicionando vigas e lajes (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2003).

O próximo capítulo deste trabalho tratará sobre a metodologia a ser utilizada para a desenvolvimento do mesmo.

3 METODOLOGIA

Fachin (2006) classifica duas variáveis de classificação da pesquisa, que são as pesquisas qualitativas e as pesquisas quantitativas.

A variável quantitativa está relacionada a dados e valores numéricos, entretanto, esses valores numéricos não devem ser apenas atribuídos a algum objeto. A pesquisa quantitativa é sustentada por um sistema lógico de distribuição de números, o qual busca resultados satisfatórios. Essa forma de pesquisa visa obter conclusões eficazes a partir de aplicações de valores às propriedades ou materiais (FACHIN, 2006).

A variável qualitativa é definida por propriedades relacionadas a aspectos não apenas mensuráveis, mas também descritivos dos atributos. As variáveis qualitativas se caracterizam pelas descrições analíticas dos objetos, não por medida ou por contagem (FACHIN, 2006).

Nessa pesquisa, após a delimitação do tema e após os objetivos terem sido estabelecidos, decidiu-se por realizar uma pesquisa bibliográfica aliada a um estudo de caso. Gil (2002) define que o estudo de caso é um estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de forma que se permita um amplo e detalhado conhecimento.

A pesquisa em questão se classifica como qualitativa pelo fato de que foi realizado o dimensionamento e obtidos dados e valores. Também se classifica como quantitativa pois foi realizado um comparativo entre as soluções e verificado qual opção se encaixa melhor em cada caso. Portanto, conclui-se que a pesquisa é qualitativa-quantitativa.

No capítulo 2 deste trabalho, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os assuntos relevantes ao trabalho.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi necessário fazer uma caracterização dos solos, quanto a sua resistência. Para isso foi utilizada sondagens que já foram previamente realizadas, de acordo com a NBR 6484/2001, e com isso foi obtido o N_{SPT} , que é o número de golpes obtidos na sondagem e por meio de correlações empíricas obteve-se a resistência do solo.

Com a resistência determinada, foi possível fazer o dimensionamento das sapatas pelo método proposto no referencial teórico desse trabalho, lançar a estrutura

e fazer o dimensionamento, tanto das sapatas como do radier, com o auxílio do software AltoQi Eberick. Para o radier, o dimensionamento é feito pelo método dos elementos finitos, que está contido no programa Eberick.

A partir do dimensionamento obtido, foi realizada uma comparação das opções e avaliada qual a melhor opção econômica pelo levantamento dos materiais. Esse levantamento dos materiais foi realizado com o resumo de materiais que o programa fornece, de aço, concreto e formas.

O orçamento foi realizado, baseado nas composições da SINAPI e da PARANÁ EDIFICAÇÕES, pois como já foi citado, o aspecto econômico é de bastante importância no ramo da construção civil.

Para montar um orçamento é necessário conhecer o consumo de materiais, a produtividade da mão-de-obra e o consumo horário de equipamentos para o desenvolvimento do serviço (TCPO, 2008). Na confecção do orçamento foi utilizado o *software Excel* e as planilhas orçamentarias da Paraná Edificações, de 2017, com desoneração, com seus respectivos preços atuais, fornecidos pela SINAPI, para a região de Curitiba.

4 DESENVOLVIMENTO

Para atingir o objetivo desse trabalho, as etapas de desenvolvimento são as seguintes: cálculo da resistência do subsolo por meio das sondagens; levantamento de cargas e lançamento da estrutura da residência em si; processamento da estrutura no programa com os diferentes tipos de fundação e levantamento dos materiais utilizados para a comparação orçamentária.

O projeto arquitetônico da Casa Fácil da AREA-PB está apresentado no Anexo B. Neste anexo estão a planta baixa e a planta de cobertura que são utilizadas no desenvolvimento do projeto estrutural.

4.1 CÁLCULO DA RESISTÊNCIA DO SOLO

Com as sondagens disponibilizadas pela Itagiba – Engenharia e Construções e pela MGS Engenharia, pode-se iniciar o cálculo da resistência do solo para os três diferentes tipos de solos, ou seja, três diferentes sondagens.

Sendo que delas, duas diferentes sondagens são da cidade de Pato Branco e a terceira sondagem da cidade de Clevelândia. As sondagens de Pato Branco foram realizadas com fim de obter-se informações do solo de parte do conjunto habitacional Villa São Pedro e a de Clevelândia foi realizada com o objetivo de obter informações do solo para um futuro loteamento habitacional na Rua da Liberdade.

A primeira sondagem conta com 7 furos e está apresentada no Anexo C, a segunda e a terceira sondagem contam com 8 furos cada, apresentadas no Anexo D e E, respectivamente.

As sondagens utilizadas mostram que o solo é uma argila pouco siltosa, tanto da cidade de Pato Branco quanto na cidade de Clevelândia.

No cálculo da resistência do solo e dos seus outros parâmetros, como peso específico e coesão, por meio das sondagens, utilizou-se o método empírico sugerido por Rebello (2008), na qual a tensão admissível do solo para argila siltosa está na equação (43):

$$\sigma_{adm} = \frac{Nm\u00e9dio}{5} \quad (43)$$

Nesse cálculo, para encontrar o $N_{\text{médio}}$ de cada sondagem, usou-se um bulbo de tensões de 3 metros de profundidade, baseado em que as fundações escolhidas são superficiais e sua profundidade de “instalação” deve ser de no máximo 3 metros.

Dessa maneira, foi pego os números de golpes dos últimos 30 cm das sondagens até os 3 metros de profundidade e feito uma média de todos os valores de todos os furos para cada sondagem.

A seguir a média de cada furo da sondagem e o valor final da tensão admissível do solo para cada sondagem.

Para a primeira sondagem – SOLO 1, os valores de resistência para cada furo e, conseqüentemente, para o solo em questão está na Tabela 2.

Tabela 2 - Resistência do solo 1

N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	Nmédio	σ_s (Kgf/cm²)	σ_s (tf/m²)
11,67	7,67	16,00	5,00	21,00	43,00	21,00	17,90	3,58	35,81

Fonte: Aatoria própria, 2018.

Portanto, para esse solo, tem-se uma tensão admissível de 35,81 tf/m².

Nota-se que houveram valores bastante discrepantes, como o N6 que foi de 43 golpes e o N4 que foi de 5 golpes. Com o valor de 5 golpes, como foi falado no referencial teórico deste trabalho, não seria indicado o uso de fundações rasas. E para o valor de 43 golpes, talvez não seja recomendável a utilização de um valor tão alto e discrepante dos demais valores. Mas como é uma situação hipotética, foi simplesmente feita a média dos valores, que seguem para os demais solos.

Para a segunda sondagem – SOLO 2, os valores de resistência do solo estão na Tabela 3.

Tabela 3 - Resistência do solo 2

N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Nmédio	σ_s (Kgf/cm²)	σ_s (tf/m²)
7,00	8,00	12,33	7,00	4,67	3,33	11,67	9,67	7,96	1,59	15,92

Fonte: Aatoria própria, 2018.

Para a segunda sondagem, tem-se uma tensão admissível de 15,92 tf/m².

Para a terceira e última sondagem – SOLO 3, os valores de resistência do solo estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Resistência do solo 3

N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	Nmédio	σ_s (Kgf/cm²)	σ_s (tf/m²)
8,67	4,00	2,00	3,67	3,00	2,67	9,00	10,00	5,38	1,08	10,75

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para esta sondagem, obteve-se uma tensão admissível de 10,75 tf/m², ou seja, o menor valor de resistência.

Para obter os valores de coesão e peso específico do solo, inicialmente deve-se encontrar a designação do solo por meio de sua classificação, de acordo com a Figura 23.

Solo	Índice de resistência à penetração	Designação
Areia e Silte arenoso	≤ 4	fofa (o)
	5 a 8	pouco fofa (o)
	9 a 18	medianamente compacta (o)
	19 a 40	compacta (o)
	> 40	muito compacta (o)
Argila e Silte argiloso	≤ 2	muito mole
	3 a 5	mole
	6 a 10	média (o)
	11 a 19	rija (o)
	> 19	dura (o)

Figura 23 - Classificação dos solos

Fonte: MARANGON, 2009.

Portanto, para cada solo haverá uma classificação diferente, conforme seu índice de resistência à penetração, ou seja, o valor de $N_{MÉDIO}$.

E, de acordo com a designação do solo, encontra-se os parâmetros desejados do solo, por meio da Figura 24.

Areias e Solos Arenosos				
Compacidade	γ (t/m ³)	C (t/m ²)	ϕ °	E' (t/m ²)
Fofa	1,6	0	25 - 30	100 - 500
Pouco Compacta	1,8	0	30 - 35	500 - 1400
Medianamente Compacta	1,9	0	35 - 40	1400 - 4000
Compacta	2,0	0	40 - 45	4000 - 7000
Muito Compacta	> 2,0	0	> 45	> 7000
Argilas e Solos Argilosos				
Consistência	γ (t/m ³)	C (t/m ²)	ϕ °	E' (t/m ²)
Muito Mole	1,3	0 - 1,2	0	30 - 120
Mole	1,5	1,2 - 2,5	0	120 - 280
Média	1,7	2,5 - 5,0	0	280 - 500
Rija	1,9	5,0 - 15,0	0	500 - 1500
Dura	> 2,0	> 15,0	0	> 1500

Figura 24 - Avaliação dos parâmetros do solo em função do ensaio SPT

Fonte: MARANGON, 2009.

Para o SOLO 1, obteve-se um $N_{MÉDIO}$ igual a 17,9, para tanto classifica-se como um solo argiloso rijo e se tem o peso específico do solo como 1,9 t/m³ e coesão entre 5 a 15 t/m².

Para o SOLO 2, o $N_{MÉDIO}$ encontrado foi de 7,96, portanto o solo é classificado com argiloso médio, e os parâmetros são 1,7 t/m³ para o peso específico e 2,5 a 5,0 t/m².

Já o SOLO 3, possui o $N_{MÉDIO}$ de 5,38, ou seja, uma argila média também, assim sendo contém os mesmos parâmetros do SOLO 2.

Como os valores de coesão estão dentro de um intervalo, foi escolhido usar o número médio dentro do mesmo.

4.2 LANÇAMENTO DA ESTRUTURA

A etapa inicial do desenvolvimento deste trabalho, após encontrar a resistência do solo, é o lançamento estrutural da residência. Devido ao fato de serem dois tipos de diferentes de fundações, é necessário fazer o lançamento de duas formas diferentes, pois para as sapatas existe as vigas baldrame embaixo das paredes do térreo, enquanto para o radier é lançada uma laje que abrange todos os pilares da residência.

Como a residência é de apenas um andar, e de cunho popular, não são feitas lajes de cobertura, apenas colocado forro, geralmente de PVC ou de madeira. Portanto, são confeccionadas vigas na parte superior da alvenaria chamadas de vigas de cobertura, as quais recebem as cargas da cobertura e também servem para fazer a amarração da alvenaria, deixando a mesma mais solidária e mais rígida.

Foram feitas algumas considerações para o andamento deste trabalho, uma delas é que a residência está centrada no lote, ou seja, não está localizada na divisa de terreno, evitando assim sapatas de divisa, pois a mesma foge do objetivo do trabalho.

Outras considerações de projeto foram realizadas como o pé direito a ser utilizado é de 2,80 m. O f_{ck} do concreto considerado foi de 25 MPa, o mínimo exigido pela NBR 6118/2014 para a Classe de Agressividade Ambiental II, para ambientes urbanos.

O lançamento dos pilares foi feito como mostra a Figura 25. Para efeitos de uma comparação justa, os pilares devem ser lançados sempre na mesma posição para todos os lançamentos, pois a alteração de posicionamento pode gerar diferença nos resultados.

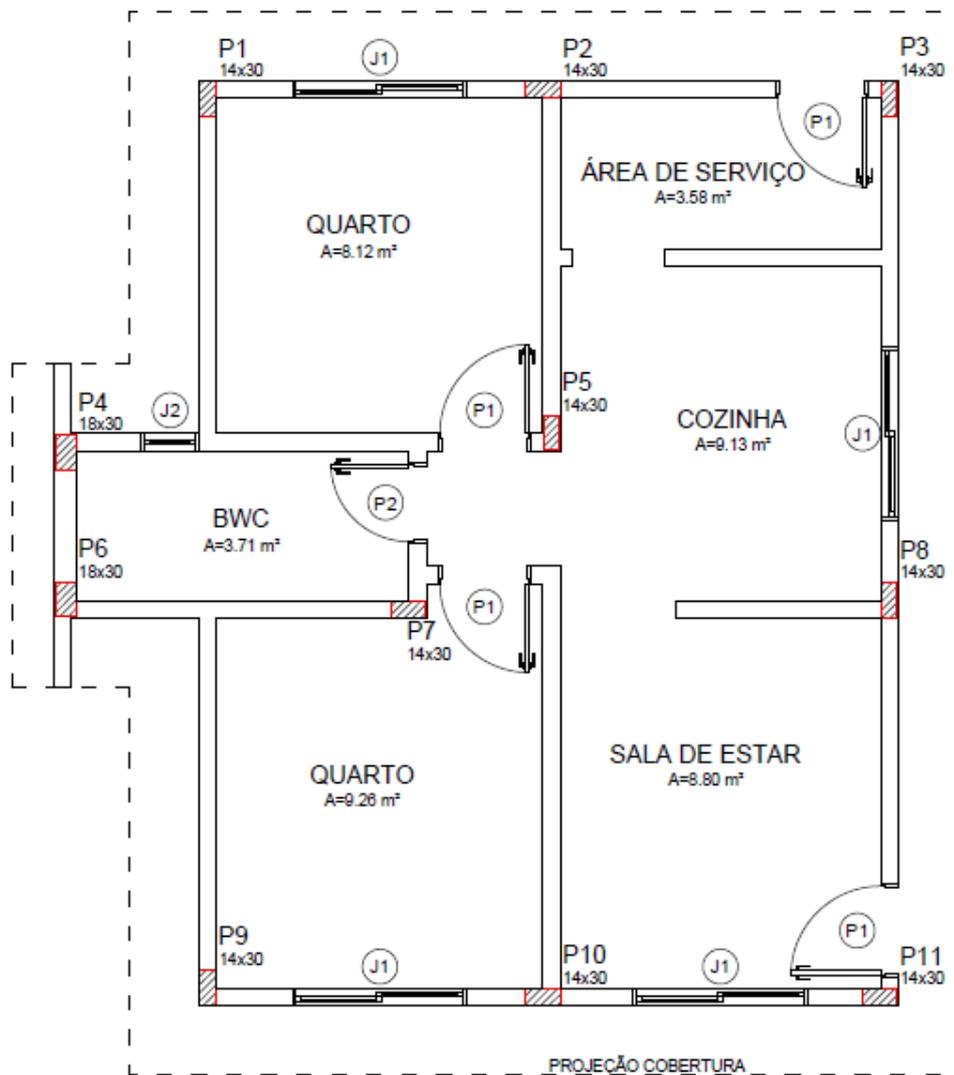


Figura 25 - Localização dos pilares

Fonte: Autoria própria, 2018.

Uma fase importante no lançamento são o levantamento das cargas. Para isso baseou-se na NBR 6120/1980 – CARGAS PARA CÁLCULO DE ESTRUTURAS DE EDIFICAÇÕES. A maioria dos valores listados são baseados na NBR 6120/1980, apenas a telha de fibrocimento e o forro de madeira, que foram obtidos dados do material do professor Giugliani (2014) e a caixa d'água de 500 L, que possui 500 Kg distribuídos em sua área, com as dimensões de acordo com o manual técnico do fabricante *Fortlev*.

Na Tabela 5, estão listadas as ações consideradas, com seus respectivos valores de peso específico e carga por metro quadrado.

Tabela 5 - Cargas permanentes e cargas de utilização

MATERIAIS	PESO ESPECÍFICO APARENTE (kN/m³)
Concreto Armado	25
Tijolos furados	13
Argamassa cal+cimento+areia	19
Argamassa cimento+areia	21
MATERIAIS	CARGA (kN/m²)
Telha Fibrocimento 6mm	0,38
Revestimento de piso cerâmico	0,85
Caixa d'água 500L	7,05
Forro de madeira	0,16
LOCAL	CARGA (kN/m²)
Dormitórios, salas, cozinhas e banheiros	1,5
Carga accidental para forros não destinados a depósitos	0,5
Lavanderias, área de serviço e despensa	2
Sobrecarga de instalações elétricas e hidráulicas em telhados	0,25

Fonte: Autoria própria, 2018.

Portanto, para a cobertura, a carga total de telhado está na Tabela 6.

Tabela 6 - Cargas totais no telhado

Tipo	Carga (kgf/m²)
Carga do telhado (Fibrocimento)	38
Forro de madeira	16
Instalações elétricas e hidráulicas	25
Total carga permanente	79
Carga de utilização	50

Fonte: Autoria própria, 2018.

Como não existe laje de cobertura, as cargas de telhado e caixa d'água serão lançadas nas vigas de contorno, distribuindo as cargas proporcionalmente a área e então para as vigas.

A carga da caixa d'água ocorre da mesma forma, a carga de 500 kgf, distribuída na área da base da caixa d'água, sendo distribuída para as vigas que estão por baixo da mesma e conseqüentemente para o pilar que a sustenta.

De acordo com a NBR 8800 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE AÇO E DE ESTRUTURAS MISTAS DE AÇO E CONCRETO DE EDIFÍCIOS (2008), item B.5.1, fala sobre as sobrecargas no telhado decorrente de instalações elétricas, hidráulicas,

de isolamento térmico e acústico. Portanto foi também levado em conta essa carga, devido a inexistência da laje.

O peso próprio da estrutura é calculado fazendo suas dimensões multiplicado pelo peso específico aparente totalizando o peso total da peça, valor este já fornecido pelo programa estrutural.

De modo análogo, a carga de parede também é calculada, levando em consideração o peso específico aparente multiplicado pela altura da parede e a espessura da mesma, nesse caso a altura é 250 cm e a espessura 14 cm, gerando uma carga linear sobre a estrutura. Foi considerado o pé direito de 280 cm e as vigas possuem altura de 30 cm, resultando em uma altura de 250 cm de alvenaria.

As cargas de revestimento da parede, foram calculadas da mesma forma que a própria alvenaria, faz-se o peso específico aparente multiplicado a altura e a espessura. O que varia é qual a argamassa utilizada, se é a de cimento e areia ou cimento, areia e cal.

Para o chapisco – argamassa de cimento e areia – foi considerado uma espessura de 0,5cm; para o emboço – argamassa de cimento, cal e areia – o revestimento considerado é de 2 cm; e para o reboco – argamassa de cimento e areia – 1 cm de revestimento. Todos esses revestimentos totalizam 3,5 cm para cada lado da parede, mais os 14 cm do bloco cerâmico, gerando um total de 21 cm de espessura de parede.

O cálculo da alvenaria, com 250 cm de altura e 21 cm de espessura, gera uma carga linear de 802,2 kgf/m.

O contrapiso é calculado em uma carga por área, portanto apenas multiplica-se o peso aparente pela espessura, nesse caso da argamassa de cimento e areia. O revestimento de piso cerâmico já é uma carga distribuída em uma área.

As demais cargas de uso e ocupação variam conforme a finalidade do ambiente e serão aplicadas no ambiente proporcionais a sua área.

Entretanto há diferenças entre a distribuição de cargas para as sapatas e para o radier. Por exemplo, nas sapatas, não se considera o peso do contrapiso e do revestimento de piso, porque nesse caso a sustentação será dada pelo solo abaixo do contrapiso e do revestimento de piso. Já no radier são levados em conta o contrapiso e o revestimento de piso, pois é a laje de fundação que sustentará os mesmos.

Para fazer a combinação de ações, segue-se o item 11.8.2.1 da NBR

6118/2014, que são combinações últimas normais, no qual são levadas em conta ações permanentes e ações variáveis.

Outro fator importante no lançamento da estrutura é a dispensa dos efeitos de segunda ordem e do coeficiente γ_z , pelo fato de haver apenas 1 andar. Para que sejam calculados esses efeitos, a estrutura deve ter no mínimo 4 andares, como está explicado no item 15.5.3 da NBR 6118/2014.

4.3 DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS

Para a estrutura a qual as fundações eram em sapatas, fez-se da mesma forma o lançamento dos pilares, das vigas de amarração na cobertura e lançaram as vigas baldrame, as quais ficam por baixo de todas as paredes da casa e que ficam em contato com o solo, conforme a Figura 26.

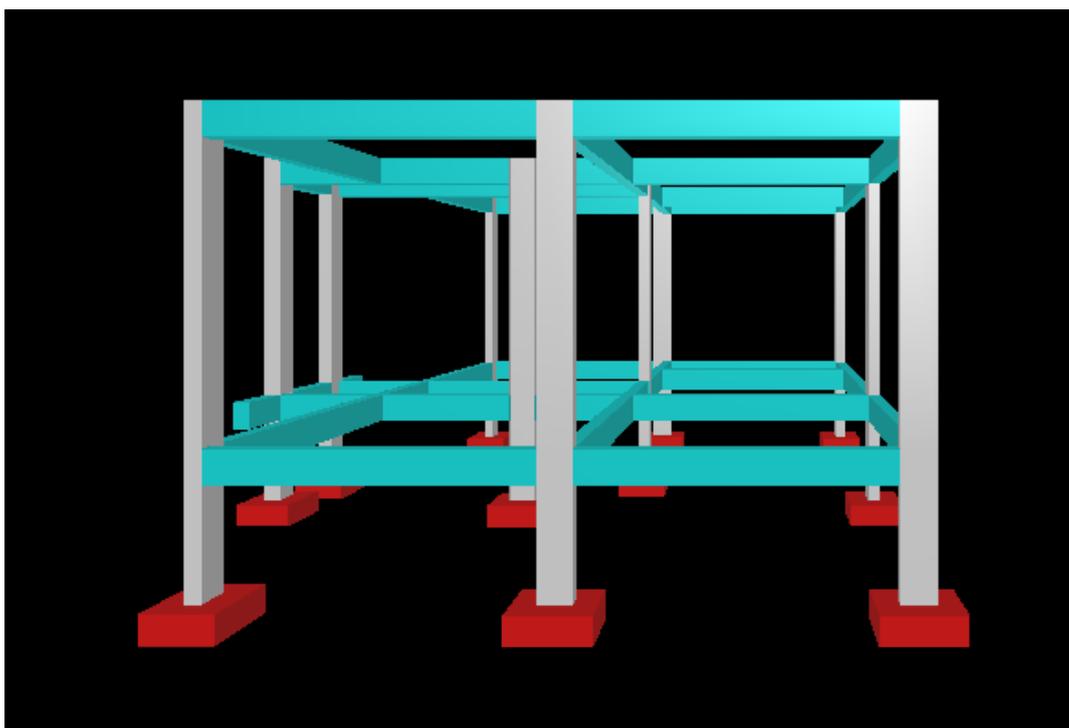


Figura 26 - Lançamento da estrutura com sapatas

Fonte: Autoria própria, 2018.

Com a resistência do solo já fornecida, o próprio programa realiza o dimensionamento da área da base da sapata, da sua altura e de suas armaduras. Admitiu-se a cota de assentamento das sapatas de 1,5m.

4.4 DIMENSIONAMENTO DO RADIER

No lançamento da estrutura para a fundação em radier, lançou-se os pilares do pavimento térreo, que seguiram até a cobertura e se fez o lançamento das vigas de cintamento na cobertura, as quais ficam em cima das paredes da residência. Entretanto não foi lançado vigas baldrame para o radier, pois a laje estará por toda a extensão da estrutura, conforme mostra a Figura 27.

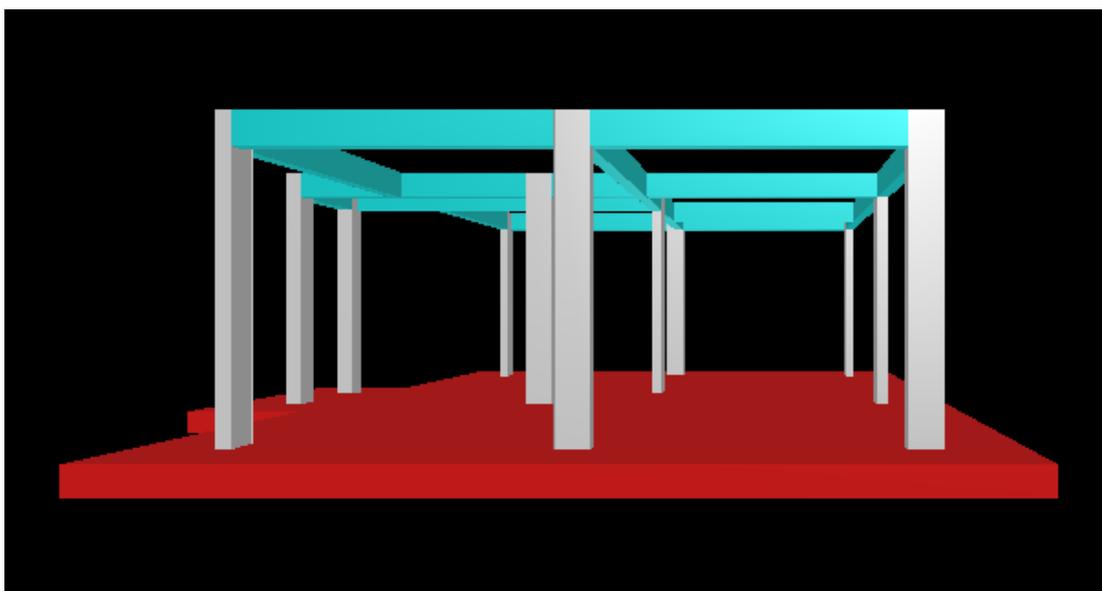


Figura 27 - Lançamento da estrutura com radier

Fonte: Autoria própria, 2018.

Uma recomendação para o lançamento do radier é deixar uma borda de contorno para fora dos pilares, dessa forma evita-se que a área de influência do pilar se estenda até as bordas do radier. No projeto em questão, foi optado por deixar uma borda de 70 cm para fora dos pilares.

A espessura mínima do radier é estabelecido no item 13.2.4.1 da NBR 6118/2014, sendo de 16 cm para lajes lisas, valor este adotado para o projeto.

De acordo com Dória (2007), é interessante que os pilares coincidam com os nós da malha que o programa simula. Portanto, como os menores pilares possuem dimensões de 14x30 cm, a malha escolhida foi de 14x14 cm.

Uma parte importante no dimensionamento do radier é o cálculo do coeficiente de recalque vertical e horizontal do solo, pois os mesmos determinam como os elementos se apoiam no solo (LONGO, 2018).

O coeficiente de recalque vertical do solo K_v pode ser encontrado por meio de

uma correlação com o SPTmédio, de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Correlação entre a resistência do solo e Kv

Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ²)	Tensão admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ²)
0,25	0,65	2,15	4,30
0,30	0,78	2,20	4,40
0,35	0,91	2,25	4,50
0,40	1,04	2,30	4,60
0,45	1,17	2,35	4,70
0,50	1,30	2,40	4,80
0,55	1,39	2,45	4,90
0,60	1,48	2,50	5,00
0,65	1,57	2,55	5,10
0,70	1,66	2,60	5,20
0,75	1,75	2,65	5,30
0,80	1,84	2,70	5,40
0,85	1,93	2,75	5,50
0,90	2,02	2,80	5,60
0,95	2,11	2,85	5,70
1,00	2,20	2,90	5,80
1,05	2,29	2,95	5,90
1,10	2,38	3,00	6,00
1,15	2,47	3,05	6,10
1,20	2,56	3,10	6,20
1,25	2,65	3,15	6,30
1,30	2,74	3,20	6,40
1,35	1,83	3,25	6,50
1,40	2,92	3,30	6,60
1,45	3,01	3,35	6,70
1,50	3,10	3,40	6,80
1,55	3,19	3,45	6,90
1,60	3,28	3,50	7,00
1,65	3,37	3,55	7,10
1,70	3,46	3,60	7,20
1,75	3,55	3,65	7,30
1,80	3,64	3,70	7,40
1,85	3,73	3,75	7,50
1,90	3,82	3,80	7,60
1,95	3,91	3,85	7,70
2,00	4,00	3,90	7,80
2,05	4,10	3,95	7,90
2,10	4,20	4,00	8,00

Fonte: Longo, 2018.

Já o coeficiente de recalque horizontal do solo K_h pode ser encontrado de uma correlação entre o coeficiente de *Poisson* e o coeficiente de recalque vertical do solo, por meio da equação (44) (LONGO, 2018):

$$K_h = v \cdot K_v \quad (44)$$

O coeficiente de *Poisson* é dado por meio da natureza do solo (Tabela 8).

Tabela 8 - Coeficiente de *Poisson* do solo

Natureza do solo	Coeficiente de <i>Poisson</i> (v)
Arenoso	0.29
Argiloso	0.40

Fonte: Longo, 2018.

Como o solo em questão é argiloso, o coeficiente de *Poisson* a ser utilizado é 0,40.

Portanto, para cada um dos solos tem-se um valor diferente de coeficientes de recalque horizontal e vertical do solo. Os valores resultantes desses coeficientes estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Coeficientes de recalque vertical e horizontal dos solos

	Tensão Admissível (kgf/cm ²)	Kv (kgf/cm ³)	Kh (kgf/cm ³)
SOLO 1	3,58	7,20	2,88
SOLO 2	1,59	3,28	1,31
SOLO 3	1,07	2,38	0,95

Fonte: Autoria própria, 2018.

4.5 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS E ORÇAMENTO

Após o dimensionamento completo das diferentes opções de fundações para os diferentes solos, fez-se o quantitativo de materiais, o qual é fornecido pelo próprio programa. Com os quantitativos de materiais em mãos, é realizado o orçamento, de acordo com as tabelas da PARANÁ EDIFICAÇÕES e preços da SINAPI.

Para ambos os orçamentos foram usados valores totais de aço, concreto, de formas e de escavações. Para as sapatas, foi somada as quantidades de materiais tanto das próprias sapatas, quanto das vigas baldrames.

Para ambos tipos de fundação, a sequência de execução é semelhante: para as sapatas tem-se as escavações com posterior colocação das formas, lançamento do lastro de concreto, posicionamento das armaduras e, por fim, o concreto, seu lançamento e adensamento. Já para o radier, a sequência é o apiloamento do solo, execução das formas, lançamento do lastro de brita, posicionamento das armaduras, a fabricação do concreto, seu lançamento e adensamento. Entretanto, para as sapatas tem-se a execução das vigas baldrames.

As composições utilizadas estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Composição dos serviços

SAPATAS		
Escavação manual de vala até 1,5 m de profundidade (m³)		
Insumos	Unidade	Coeficiente
Servente com encargos complementares	h	4,8
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m²)		
Insumos	Unidade	Coeficiente
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	h	0,325
Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	1,3
Peça de madeira 3a qualidade 2,5 x 10 cm não aparelhada	m	3,5
Prego de aço polido com cabeça 18 x 27	kg	0,15
Tabua madeira 2a qualidade 2,5 x 30,0cm não aparelhada	m	3,487
Lastro de concreto, preparo mecânico, inclusos aditivos impermeabilizantes, lançamento e adensamento (m³)		
Insumos	Unidade	Coeficiente
Pedreiro com encargos complementares	h	2
Servente com encargos complementares	h	6
Concreto magro para lastro, traço 1:4,5:4,5	m ³	1
Aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassas e concretos sem armação	kg	20
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 8.0 mm - Montagem (kg)		
Insumos	Unidade	Coeficiente
Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0209
Armador com encargos complementares	h	0,1278
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 8.0 mm	kg	1
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	kg	0,025
Espaçador plástico	un	0,743
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 10.0 mm - Montagem (kg)		
Insumos	Unidade	Coeficiente
Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0156
Armador com encargos complementares	h	0,0956
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 10.0 mm	kg	1
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	kg	0,025
Espaçador plástico	un	0,543
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 12.5 mm - Montagem (kg)		
Insumos	Unidade	Coeficiente
Ajudante de armador com encargos complementares	h	0,0114

Armador com encargos complementares	h	0,0698
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 12.5 mm	kg	1
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	kg	0,025
Espaçador plástico	un	0,367

Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-60 5.0 mm - Montagem (kg)

Insumos	Unidade	Coefficiente
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0367
Armador com encargos complementares	H	0,0225
Corte e dobra de aço CA-60, diâmetro de 5.0 mm	Kg	1
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	Kg	0,025
Espaçador plástico	Um	1,19

Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m³)

Insumos	Unidade	Coefficiente
Servente com encargos complementares	H	2,31
Operador de betoneira estacionária/misturador com encargos complementares	H	1,46
Betoneira capacidade nominal de 400 L	CHP	0,75
Betoneira capacidade nominal de 400 L	CHI	0,71
Areia média	m³	0,751
Cimento Portlan CP II – 32	Kg	362,66
Pedra britada n.1	m³	0,593

Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m³)

Insumos	Unidade	Coefficiente
Pedreiro com encargos complementares	H	1,65
Servente com encargos complementares	H	4,5
Vibrado de imersão, diâmetro de ponteira 45mm	CHP	0,3

RADIER

Apiloamento com maço de 30 kg (m²)

Insumos	Unidade	Coefficiente
Servente com encargos complementares	H	1,5

Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m²)

Insumos	Unidade	Coefficiente
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	0,325
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	1,3
Peça de madeira 3ª qualidade 2,5 x 10 cm não aparelhada	M	3,5
Prego de aço polido com cabeça 18 x 27	Kg	0,15
Tabua madeira 2a qualidade 2,5 x 30,0cm não aparelhada	M	3,487

Lastro de brita (m³)

Insumos	Unidade	Coefficiente
---------	---------	--------------

Servente com encargos complementares	h	2
Pedra britada n.2 (19 a 38 mm)	m ³	1,05
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 6.3 mm (kg)		
Insumos	Unidade	Coefficiente
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0105
Armador com encargos complementares	H	0,0646
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 6.3 mm (em lajes)	Kg	1
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	Kg	0,025
Espaçador plástico	Um	1,333
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 8.0 mm (kg)		
Insumos	Unidade	Coefficiente
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0078
Armador com encargos complementares	H	0,0475
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 8.0 mm	Kg	1
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	Kg	0,025
Espaçador plástico	Um	0,728
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m³)		
Insumos	Unidade	Coefficiente
Servente com encargos complementares	h	2,31
Operador de betoneira estacionária/misturador com encargos complementares	h	1,46
Betoneira capacidade nominal de 400 L	CHP	0,75
Betoneira capacidade nominal de 400 L	CHI	0,71
Areia média	m ³	0,751
Cimento Portlan CP II – 32	kg	362,66
Pedra britada n.1	m ³	0,593
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m³)		
Insumos	Unidade	Coefficiente
Pedreiro com encargos complementares	h	1,65
Servente com encargos complementares	h	4,5
Vibrado de imersão, diâmetro de ponteira 45mm	CHP	0,3

Fonte: PARANÁ EDIFICAÇÕES, 2017.

Os valores de cada insumo foram baseados nas tabelas da SINAPI em parceria com a Caixa Econômica Federal, para a localidade de Curitiba – PR do mês 04/2018 e estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Preço unitário dos insumos

Mão-de-obra	Unidade	Preço Unitário
Servente com encargos complementares	h	12,66
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	h	13,42
Carpinteiro de formas com encargos complementares	h	17,88
Ajudante de armador com encargos complementares	h	17,88
Armador com encargos complementares	h	13,42
Operador de betoneira estacionária/misturador com encargos complementares	h	15,42
Pedreiro com encargos complementares	h	17,88
Insumos	Unidade	Preço Unitário
Peça de madeira 3ª qualidade 2,5 x 10 cm não aparelhada	m	3,31
Prego de aço polido com cabeça 18 x 27	kg	9,18
Tabua madeira 2a qualidade 2,5 x 30,0cm não aparelhada	m	7,27
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 6.3 mm (em lajes)	kg	4,84
Arame recozido 18bwg, 1,25 mm	Kg	9,7
Espaçador plástico	un	0,23
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 8.0 mm (em lajes)	Kg	5,13
Betoneira capacidade nominal de 400 L	CHP	2,75
Betoneira capacidade nominal de 400 L	CHI	0,35
Areia média	m ³	55,00
Cimento Portlan CP II – 32	Kg	0,46
Pedra britada n.1	m ³	37,75
Vibrado de imersão, diâmetro de ponteira 45mm	CHP	1,06
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 8.0 mm	Kg	5,29
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 10.0 mm	Kg	4,34
Corte e dobra de aço CA-50, diâmetro de 12.5 mm	Kg	3,99
Corte e dobra de aço CA-60, diâmetro de 5.0 mm	Kg	5,83
Concreto magro para lastro, traço 1:4,5:4,5	m ³	240,31
Aditivo impermeabilizante de pega normal para argamassas e concretos sem armação	Kg	4,44
Pedra britada n.2 (19 a 38 mm)	m ³	37,75

Fonte: SINAPI, 2018.

No próximo capítulo deste trabalho serão apresentados os resultados do dimensionamento das fundações e o orçamento.

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO PARA O SOLO 1

Para o Solo 1, com uma maior tensão admissível, obtiveram-se os seguintes resultados para as sapatas e para o radier, e estão apresentados a seguir.

Na Tabela 12 está apresentado o resultado das sapatas para seus respectivos pilares. O restante do dimensionamento está no Apêndice A, no qual está presente a localização das sapatas, o dimensionamento das mesmas e a relação de materiais.

Tabela 12 - Resultados das sapatas para o solo 1

Pilar		Fundação				
Nome	Seção (cm)	Lado B (cm)	Lado H (cm)	h0 (cm)	h1 (cm)	df (cm)
P1	14x30	60	70	25	25	150
P2	14x30	60	70	25	25	150
P3	14x30	60	70	25	25	150
P4	18x30	60	70	25	25	150
P5	14x30	60	70	25	25	150
P6	18x30	60	70	25	25	150
P7	14x30	60	70	25	25	150
P8	14x30	60	70	25	25	150
P9	14x30	60	70	25	25	150
P10	14x30	60	70	25	25	150
P11	14x30	60	70	25	25	150

Fonte: Autoria própria, 2018.

Como pode-se notar, as sapatas tiveram os mesmos resultados de dimensões, para todos os pilares. Todas apresentam dimensões de 60x70 cm, que é a dimensão mínima exigida para as sapatas. As variações mostradas em algumas armaduras são vindas dos próprios pilares devido a diferentes armaduras presentes neles mesmos.

Com este dimensionamento, conclui-se que mesmo havendo diferentes cargas e armaduras nos pilares, as dimensões das sapatas são semelhantes pois o solo apresenta boa resistência e, por isso, suporta bem as cargas provenientes da

estrutura. Também por as cargas serem de baixa grandeza, por ser uma residência popular, de apenas um andar.

O dimensionamento do radier está no Apêndice B. Neste apêndice está presente as malhas de armaduras positivas e negativas do radier e a quantidade de materiais.

O que se percebe do detalhamento do radier é a existência densa de armaduras, as quais confeccionam as malhas superior e inferior. Além da alta quantidade de concreto, para preencher toda a extensão da residência.

5.2 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO PARA O SOLO 2

Para o solo 2, com uma tensão admissível do solo mediana, os resultados obtidos no dimensionamento foram os seguintes:

Para as sapatas, o resultado está na Tabela 13 e a locação, o detalhamento e a quantidade de materiais estão no Apêndice C.

Tabela 13 - Resultados das sapatas para o solo 2

Pilar		Fundação				
Nome	Seção (cm)	Lado B (cm)	Lado H (cm)	h0 (cm)	h1 (cm)	df (cm)
P1	14x30	60	75	25	25	150
P2	14x30	65	80	25	25	150
P3	14x30	60	75	25	25	150
P4	18x30	65	80	25	25	150
P5	14x30	70	90	25	25	150
P6	18x30	60	75	25	25	150
P7	14x30	70	90	25	25	150
P8	14x30	70	80	25	25	150
P9	14x30	60	75	25	25	150
P10	14x30	65	80	25	25	150
P11	14x30	60	75	25	25	150

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para o solo 2, com uma resistência inferior ao solo 1, se nota uma diferença de dimensões das sapatas, provavelmente causadas pela diferença da resistência do

solo.

O dimensionamento completo do radier está no Apêndice D.

5.3 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO PARA O SOLO 3

Na Tabela 14 estão os resultados para as sapatas. Seu detalhamento, sua localização e seu quantitativo de materiais estão no Apêndice E.

Tabela 14 - Resultados das sapatas para o solo 3

Pilar		Fundação				
Nome	Seção (cm)	Lado B (cm)	Lado H (cm)	h0 (cm)	h1 (cm)	df (cm)
P1	14x30	85	100	25	25	150
P2	14x30	85	100	25	25	150
P3	14x30	85	105	25	25	150
P4	18x30	85	100	25	25	150
P5	14x30	95	105	30	30	150
P6	18x30	80	90	25	25	150
P7	14x30	95	105	30	30	150
P8	14x30	85	105	25	25	150
P9	14x30	70	85	25	25	150
P10	14x30	80	90	25	25	150
P11	14x30	60	75	25	25	150

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para o solo 3, com a menor resistência, todas as sapatas possuem dimensões superiores às demais. Pelo fato de a resistência do solo ser mais baixa que os demais solos.

No Apêndice F está o dimensionamento completo do radier para o solo 3.

5.4 ORÇAMENTO

Com as discriminações dos serviços, já mostrados na Tabela 10 e com os quantitativos das fundações é possível realizar o orçamento das opções e compará-las.

5.4.1 Solo 1

O orçamento para as sapatas está apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 - Orçamento das sapatas para o solo 1

Escavação manual de vala até 1,5 m de profundidade (m ³)	
TOTAL	R\$ 421,12
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 4.146,24
Lastro de concreto, preparo mecânico, inclusos aditivos impermeabilizantes, lançamento e adensamento (m ³)	
TOTAL	R\$ 101,83
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 8.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 1.136,88
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 10.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 695,89
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 12.5 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 129,89
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-60 5.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 466,75
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.203,79
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 367,12
TOTAL SAPATAS	R\$ 8.669,50

Fonte: Autoria própria, 2018.

O orçamento do radier para o solo 1 está na Tabela 16.

Tabela 16 - Orçamento do radier para o solo 1

Apiloamento com maço de 30 kg (m ²)	
TOTAL	R\$ 1.392,20
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 381,01
Lastro de brita (m ³)	
TOTAL	R\$ 476,20
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 6.3 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 1.520,91
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 8.0 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 2.665,43
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 3.338,16
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.018,05
TOTAL RADIER	R\$ 10.791,97

Fonte: Autoria própria, 2018.

Com os resultados apresentados nas Tabelas 15 e 16, verifica-se uma diferença de pouco mais de 2 mil reais, portanto a melhor opção economicamente para o solo 1, são as sapatas.

Em porcentagem, o radier representa 124% em relação ao valor das sapatas.

5.4.2 Solo 2

O orçamento das sapatas para o solo 2 está na Tabela 17.

Tabela 17 - Orçamento das sapatas para o solo 2

Escavação manual de vala até 1,5 m de profundidade (m ³)	
TOTAL	R\$ 513,19
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 4.195,68
Lastro de concreto, preparo mecânico, inclusos aditivos impermeabilizantes, lançamento e adensamento (m ³)	
TOTAL	R\$ 124,09
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 8.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 1.136,10
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 10.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 585,55
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 12.5 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 115,70
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-60 5.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 461,63
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.277,78
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 389,69
TOTAL SAPATAS	R\$ 8.799,40

Fonte: Autoria própria, 2018.

O orçamento do radier para o solo 2 está na Tabela 18.

Tabela 18 - Orçamento do radier para o solo 2

Apiloamento com maço de 30 kg (m ²)	
TOTAL	R\$ 1.392,20
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 381,01
Lastro de brita (m ³)	
TOTAL	R\$ 476,20
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 6.3 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 1.520,91
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 8.0 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 2.665,43
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 3.338,16
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.018,05
TOTAL RADIER	R\$ 10.791,97

Fonte: Autoria própria, 2018.

Para esses resultados apresentados acima, nota-se que ainda as sapatas são a opção mais vantajosa para as fundações, com uma diferença de pouco menos de 2 mil reais.

Comparando o resultado do solo 2, com o solo 1, a diferença de valores para as sapatas é baixa. Apresentando em porcentagem essa diferença, o valor do radier representa 123% do valor das sapatas.

5.4.3 Solo 3

Na Tabela 19, estão os resultados do orçamento para as sapatas.

Tabela 19 - Orçamento das sapatas para o solo 3

Escavação manual de vala até 1,5 m de profundidade (m ³)	
TOTAL	R\$ 803,50
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 4.348,61
Lastro de concreto, preparo mecânico, inclusos aditivos impermeabilizantes, lançamento e adensamento (m ³)	
TOTAL	R\$ 194,30
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 8.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 1.303,63
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 10.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 585,55
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-50 12.5 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 115,70
Armação de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea utilizando aço CA-60 5.0 mm - Montagem (kg)	
TOTAL	R\$ 461,63
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.531,06
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 466,93
TOTAL SAPATAS	R\$ 9.810,91

Fonte: Autoria própria, 2018.

Na Tabela 20, está o orçamento do radier.

Tabela 20 - Orçamento do radier para o solo 3

Apiloamento com maço de 30 kg (m ²)	
TOTAL	R\$ 1.392,20
Forma tábua para concreto em fundação sem reaproveitamento (m ²)	
TOTAL	R\$ 381,01
Lastro de brita (m ³)	
TOTAL	R\$ 476,20
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 6.3 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 1.520,91
Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea, utilizando aço CA-50 de 8.0 mm (kg)	
TOTAL	R\$ 2.665,43
Concreto fck=25MPa - preparo mecânico com betoneira (m ³)	
TOTAL	R\$ 3.338,16
Lançamento/aplicação manual de concreto em fundações (m ³)	
TOTAL	R\$ 1.018,05
TOTAL RADIER	R\$ 10.791,97

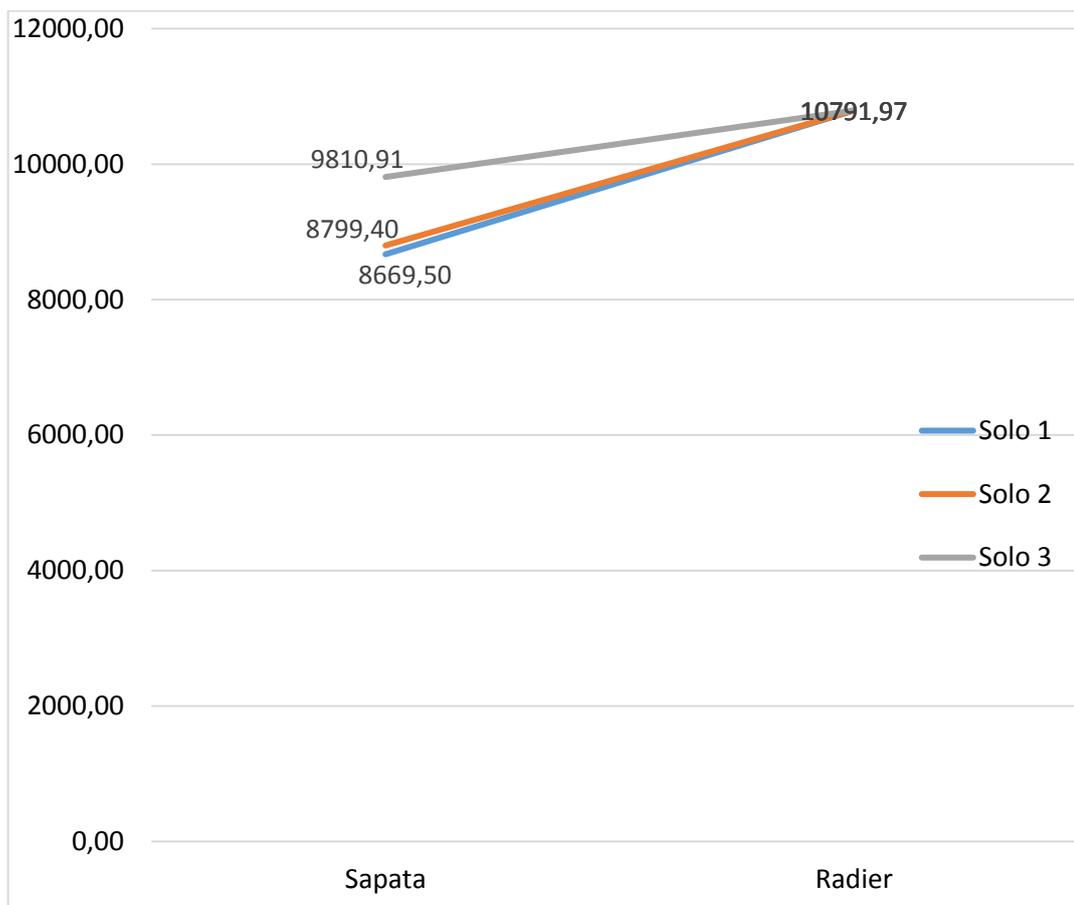
Fonte: Autoria própria, 2018.

Com os resultados para o solo 3 expostos acima, nota-se que ainda as sapatas são a melhor opção, entretanto com uma diferença de valores de menos de mil reais. Apesar de os valores entre as sapatas e o radier serem mais próximos para esta última sondagem.

Também se nota uma diferença considerável de preço das sapatas deste solo quanto às sapatas dos solos 1 e 2. Em porcentagem, o preço do radier representa 110% em relação ao valor das sapatas.

Pode-se notar que o dimensionamento dos raders foram os mesmos para as três sondagens, devido a área ocupada pela fundação ser a mesma em todos os casos, a área de formas ser a mesma e as armaduras que formam as malhas superior e inferior também são iguais. Conseqüentemente, como o dimensionamento é igual para os três solos, o orçamento do radier para os diferentes solo também se torna idêntico.

Para melhor visualizar as diferenças de valores das fundações, o Gráfico 1 demonstra bem os preços das sapatas e do radier para os três diferentes solos.

Gráfico 1 - Diferença de valores para as fundações

Fonte: Autoria própria, 2018.

Portanto, para todos os solos calculados, as sapatas são as melhores opções economicamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho desenvolvido e os resultados obtidos, pode-se chegar a conclusão final de que para residências de cunho popular, que buscam construir da melhor forma possível com a menor quantidade de recursos financeiros, a sapata se apresenta como a melhor opção.

No trabalho de trabalho de conclusão de curso do Rafael Mallmann Tizott (2013), no qual foi comparado o custo benefício entre sapatas rígidas e radier, as sapatas se apresentaram como a melhor opção econômica para um edifício de quatro pavimentos, no município de Ijuí no Rio Grande do Sul. Os resultados obtidos pelo Tizott (2013) foram semelhantes aos resultados obtidos para este trabalho, no qual as sapatas também são a melhor opção econômica.

No trabalho do Pacheco (2010), no qual comparado sapatas corridas e radier, muda um pouco de sapatas rígidas para sapatas corridas, entretanto é uma boa forma de comparação de resultados. Neste estudo, a sapata corrida se apresentou como a opção menos onerosa dentre as opções. Também foi dimensionado para uma estrutura de 4 pavimentos.

Lembrando que neste trabalho não foi levado em conta o tempo de execução das fundações, o que pode servir também para trabalhos futuros.

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, uma sugestão é comparar as fundações rasas utilizadas neste trabalho com estaca escavada manual.

Outra sugestão seria sair do foco de residência popular e fazer o cálculo das fundações para edifícios maiores, com maiores cargas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, Luis Carlos de. **Laje sobre solo para fundação de residência**, Campinas, SP: [s.n.], 2001.
- ALONSO, Urbano Rodriguez. **Exercícios de fundações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1983.
- ALVA, Gerson Moacyr Sisniegas. **Projeto estrutural de sapatas**. Departamento de Estruturas e Construção Civil – Universidade de Santa Maria, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8036: Programação de sondagens de simples reconhecimento dos solos para fundações de edifícios. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6118: **Projeto de estruturas em concreto - Procedimento**. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6122: **Projeto e execução de fundações**. NBR 6122. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NOMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 6484: **Solo-sondagens de simples reconhecimento com SPT –Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.
- AZZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**: Prática da construção civil. 2ª ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1977.
- BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Sapatas de fundação**: Notas de aula. Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, 2016.
- BELL, Brian Joseph. **Fundações em concreto armado**, Rio de Janeiro: Editora Guanabara dois S.A., 1985.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: fundamentos. V.1. 6ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1988.
- DÓRIA, Luís Eduardo Santos. Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier. Maceió, AL: UFAL, 2007.
- FACHIN, Odilia. **Fundamentos da metodologia**. 5ª ed. São Paulo: Saraiva, 2006. Disponível em:
<<http://maratavarespsictics.pbworks.com/w/file/attach/74302802/FACHIN-Odilia->

fundamentos-de-Metodologia.pdf>. Acesso em: nov. 2017.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit habitacional no Brasil**. Belo Horizonte, 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: <<http://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>>. Acesso em: nov. 2017.

GIUGLIANI, Eduardo. **Cargas atuantes sobre estruturas**. Rio Grande do Sul: PUCRS, 2014. Disponível em: <http://www.feng.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA_-_Sistemas_Estruturais_II/02_Cargas_Atuanes_sobre_Estruturas.pdf>. Acesso em: mar. 2018.

GONÇALVES, Robson R. O déficit habitacional brasileiro: um mapeamento por unidades da federação e por níveis de renda domiciliar. Rio de Janeiro – 1998.

HACHICH, Waldemar et.al. **Fundações**: teoria e prática. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

JOPPERT JUNIOR, Ivan. **Fundações e contenções de edifícios**: qualidade total na gestão do projeto e execução. São Paulo: Ed. PINI Ltda, 2007.

LONGO, Luis Filipe. **Como determinar o coeficiente de recalque vertical**, Qi Suporte, 2018 Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115004184613-Como-determinar-o-coeficiente-de-recalque-vertical->>>. Acesso em: mar. 2018.

LONGO, Luis Filipe. **Como determinar o coeficiente de recalque horizontal**, Qi Suporte, 2018. Disponível em: < <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115004220934-Como-determinar-o-coeficiente-de-recalque-horizontal->>>. Acesso em: mar. 2018.

MARANGON, Márcio. Parâmetros dos solos para cálculo de fundações. UFJF, 2009.

MILITITSKY, Jarbas. CONSOLI, Nilo Cesar; SCHNAID, Fernando. **Patologia das fundações**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

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. Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Civil – Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

PARANÁ EDIFICAÇÕES. Composições de serviços de edificações com desoneração. 2017. Disponível em: <<http://www.paranaedificacoes.pr.gov.br/arquivos/File/CustosEdificacoes/CustosdeObras/ComposicoesdeServicosdeEdificacoesComDesoneracao.pdf>>. Acesso em: mar. 2018.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Estruturas de concreto** – capítulo 4. São Paulo: USP, 2003. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec802/Lancamento/Concepcao_EESC.pdf>. Acesso em: out. 2017.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Fundações**: Guia prático de projeto, execução e dimensionamento – São Paulo: Zigurate Editora, 2008.

SANTOS, José Roberto; BRITO, Jorge. **Ensoleiramentos gerais e grelhas de fundação**. 49f. Notas de aula da cadeira de construção de edifícios do curso de mestrado avançado em construção e reabilitação. Instituto superior técnico – Universidade de Lisboa, 2000.

SCHNAID, Fernando. Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

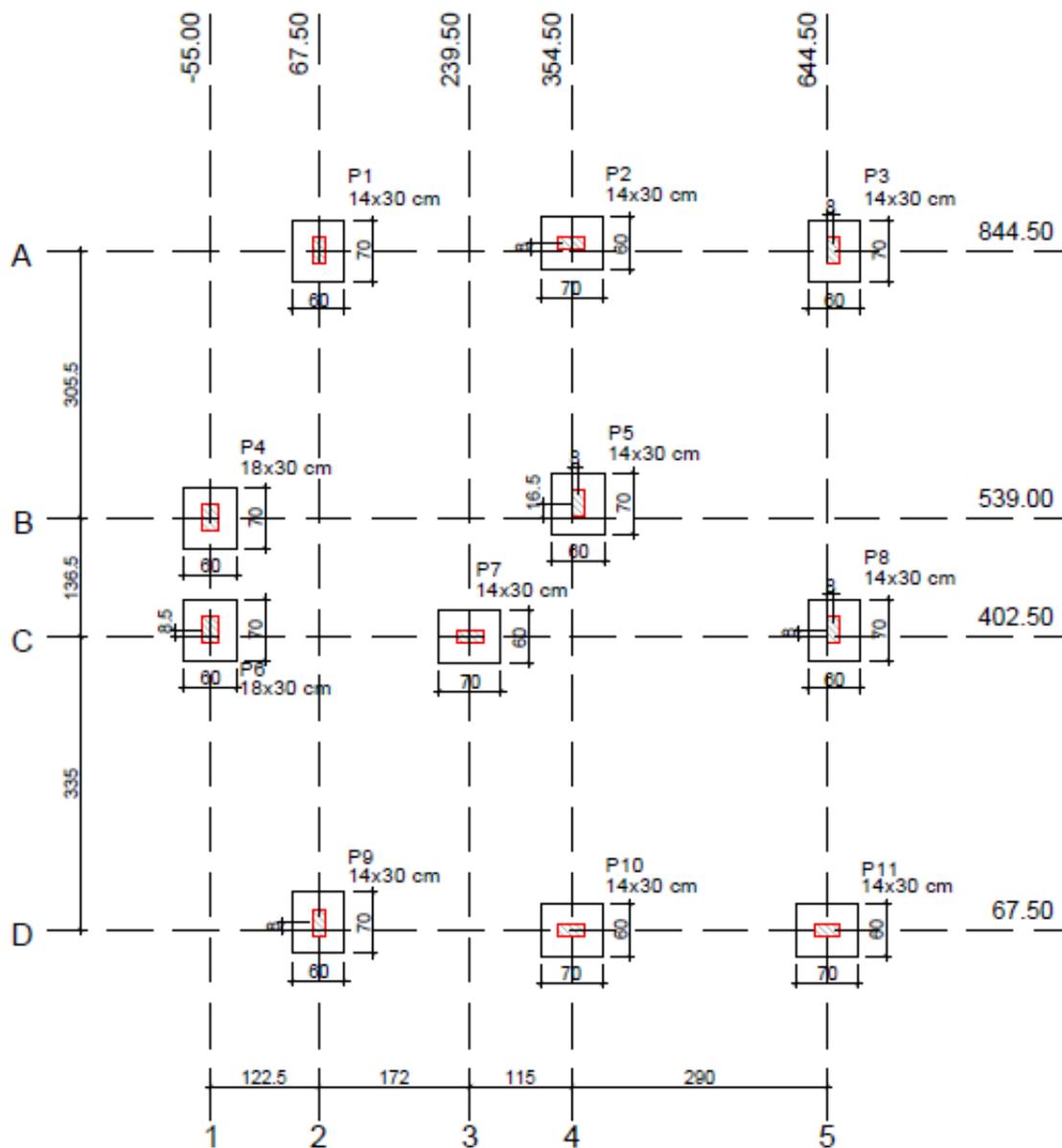
SINAPI. **SINAPI-SIPCI Sistema de preços, custos e índices**. Disponível em: <<https://www.sipci.caixa.gov.br/SIPCI/servlet/TopController>>. Acesso em: mai. 2018.

TCPO. **TCPO 13**: Tabela de composições de preços para orçamentos. 13^o ed. São Paulo: PINI, 2008. Disponível em: <<ftp://ip20017719.eng.ufjf.br/Public/Livros&Tutoriais/PINI-TCPO13/TCPO%2013.pdf>>. Acesso em: out. 2017.

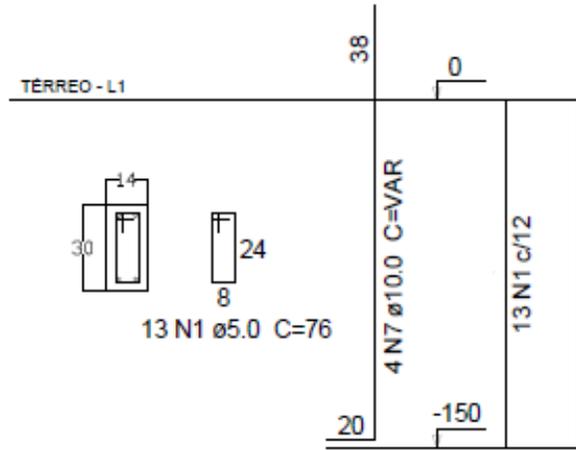
TIZOTT, Rafael Mallmann. **Comparação do custo benefício entre dois tipos de fundações: sapata rígida e radier**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Civil – Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Resende. **Fundações**: Critérios de Projeto – Investigação de Subsolo – Fundações Superficiais. V.1. Nova Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

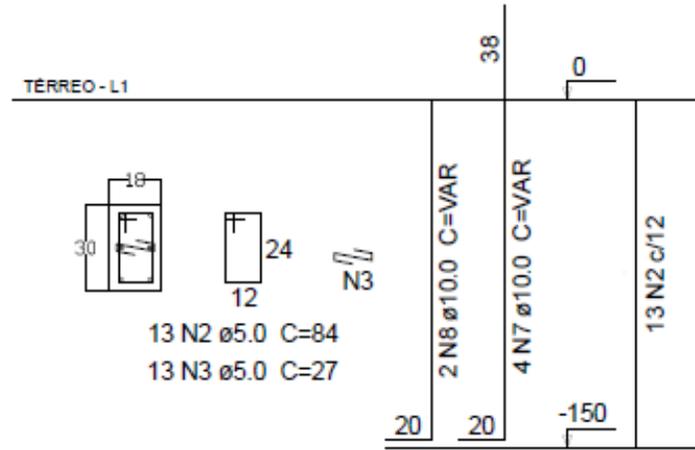
APÊNDICE A – Sapatas para o solo 1



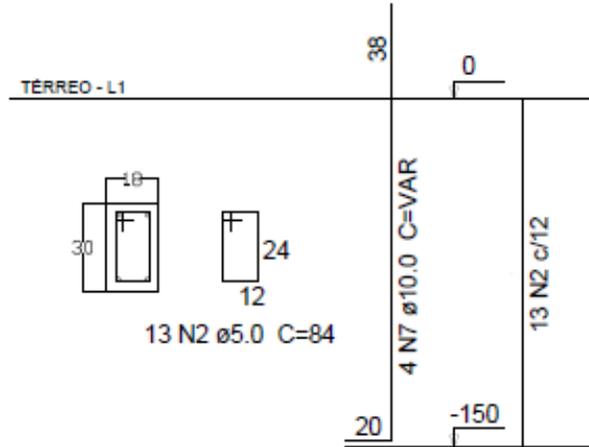
P1=P2=P3=P5=P7=P9=P10=P11



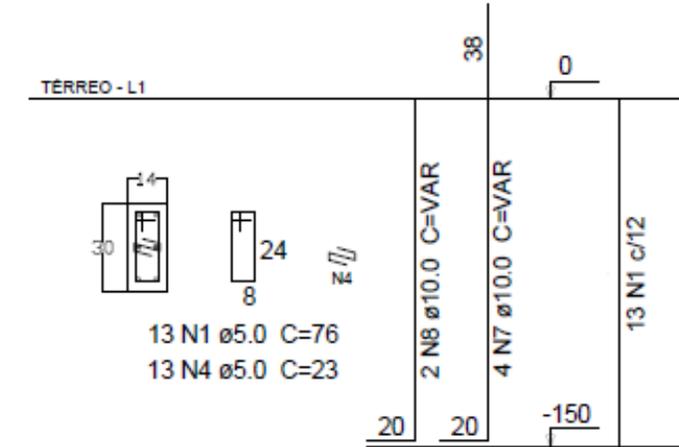
P4



P6



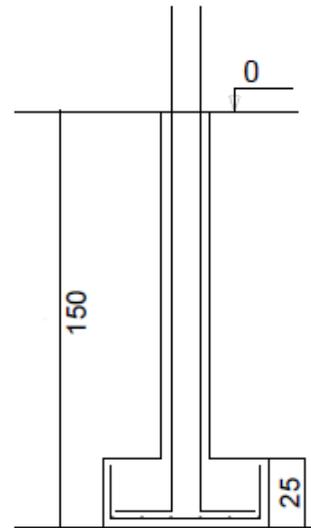
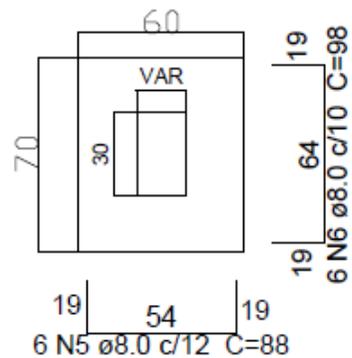
P8



S1=S2=S3=S4=S5=S6=S7=S8=S9=S10=S11

PLANTA

CORTE



Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	117	76	8892
	2	5.0	26	84	2184
	3	5.0	13	27	351
	4	5.0	13	23	299
CA50	5	8.0	66	88	5808
	6	8.0	66	98	6468
	7	10.0	46	VAR	VAR
	8	10.0	6	VAR	VAR

Resumo do aço

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	122.8	53.3
	10.0	104.7	71
CA60	5.0	117.3	19.9
PESO TOTAL			
CA50		124.3	
CA60		19.9	

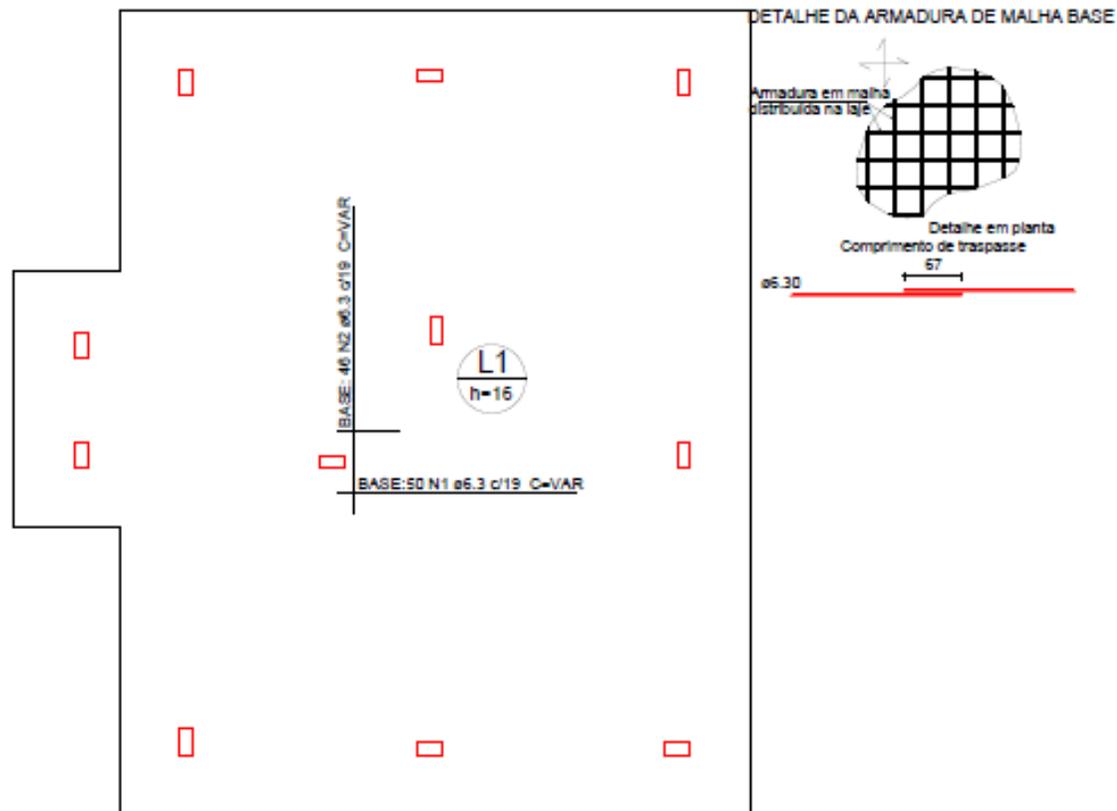
Vol. de concreto total (C-25) = 1.88 m³Área de forma total = 21.91 m²

Resumo do aço - Vigas baldrame

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	213.5	92.6
	10.0	59	40
	12.5	22.5	23.8
CA60	5.0	259.8	44
PESO TOTAL			
CA50		156.4	
CA60		44	

Vol. de concreto total (C-25) = 2.35 m³Área de forma total = 40.99 m²

APÊNDICE B – Radier para o solo 1



Relação do aço

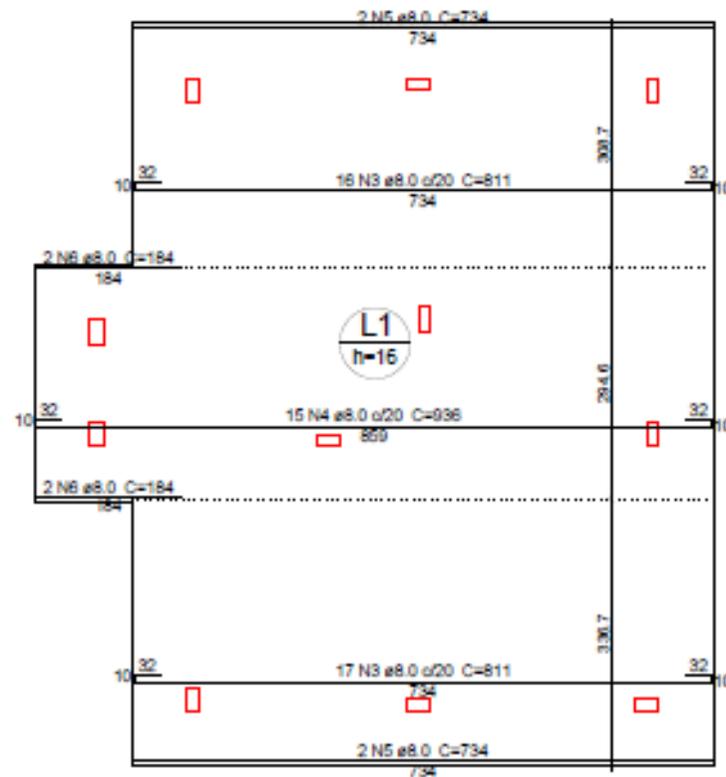
AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	50	VAR	VAR
	2	6.3	46	VAR	VAR
	3	8.0	33	811	26763
	4	8.0	15	936	14040
	5	8.0	4	734	2936
	6	8.0	4	184	736
	7	8.0	7	371	2597
	8	8.0	37	1011	37407
	9	8.0	2	934	1868
	10	8.0	2	364	728
	11	8.0	2	294	588
	12	8.0	2	394	788

Resumo do aço

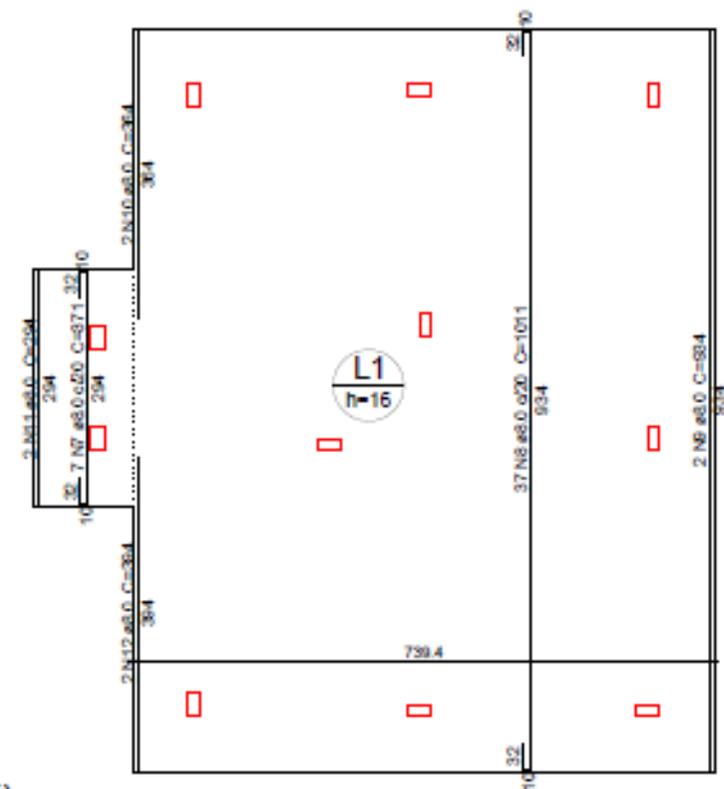
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	774.4	208.4
	8.0	884.6	383.9
PESO TOTAL			
CA50	592.3		

Vol. de concreto total (C-25) = 11.73 m³

Área de forma total = 5.78 m²

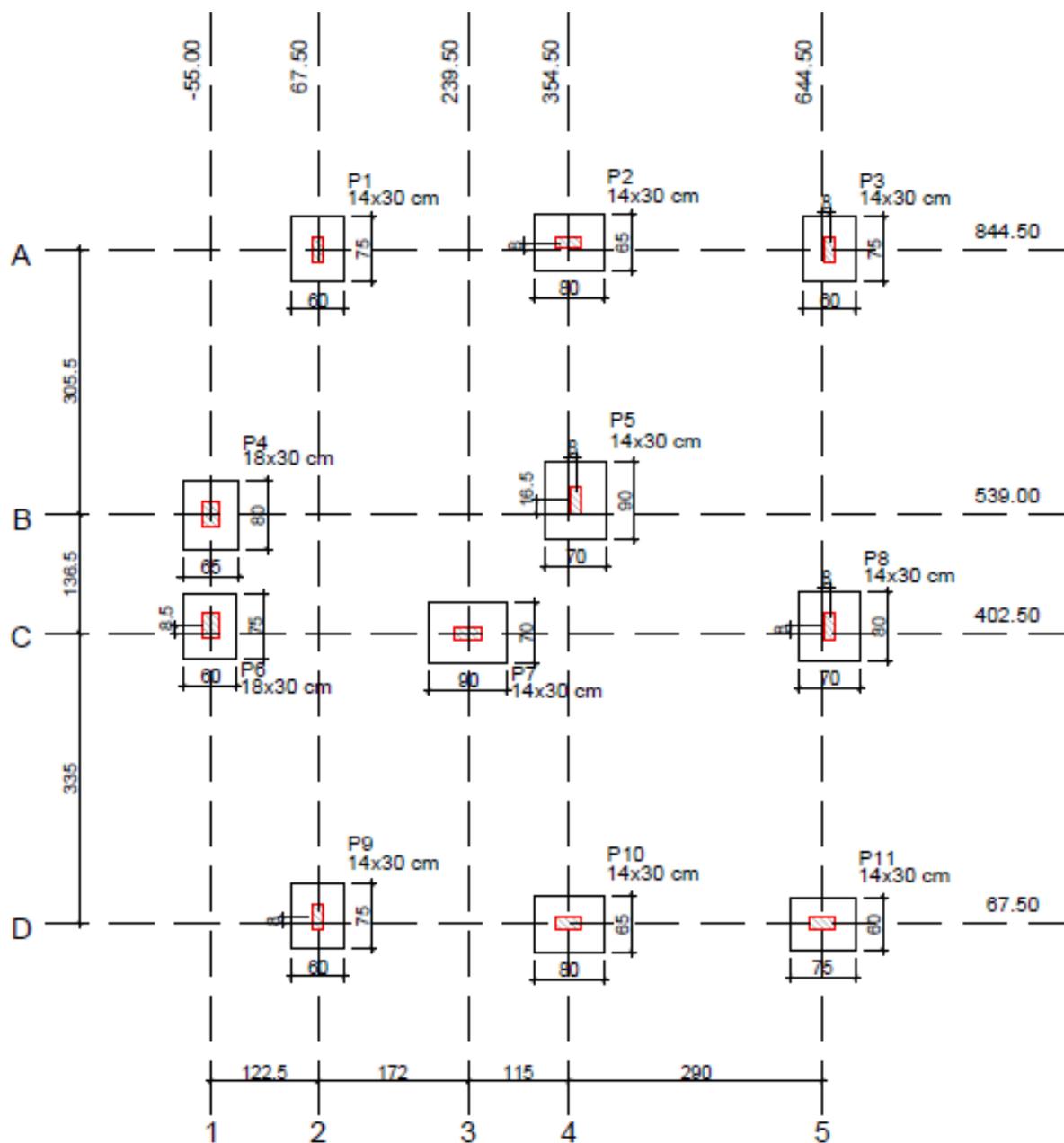


Armação inferior do radier do pavimento térreo (Eixo X)

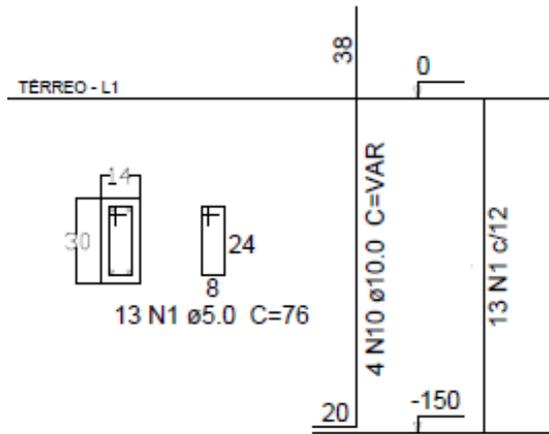


Armação inferior do radier do pavimento térreo (Eixo Y)

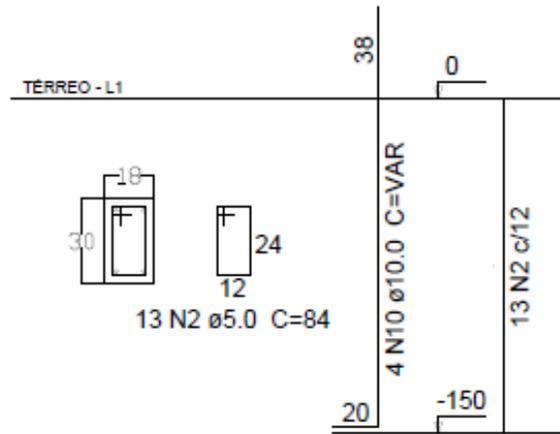
APÊNDICE C – Sapatas para o solo 2



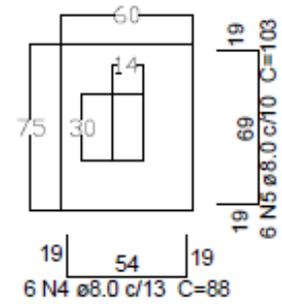
P1=P3=P9=P11



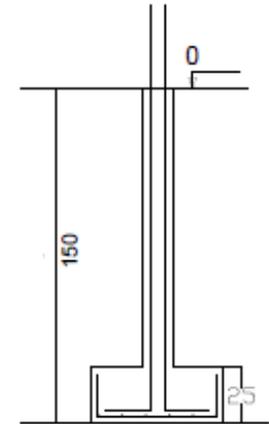
P6



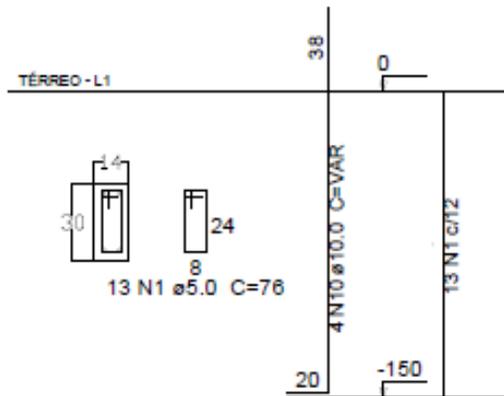
S1=S3=S6=S9=S11
PLANTA



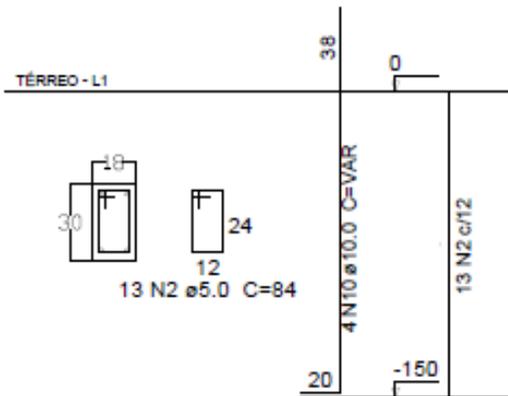
CORTE



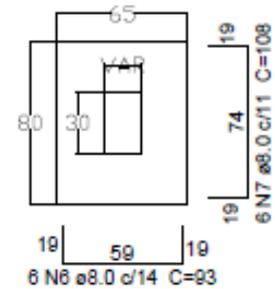
P2=P10



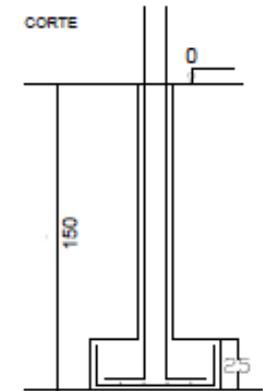
P4



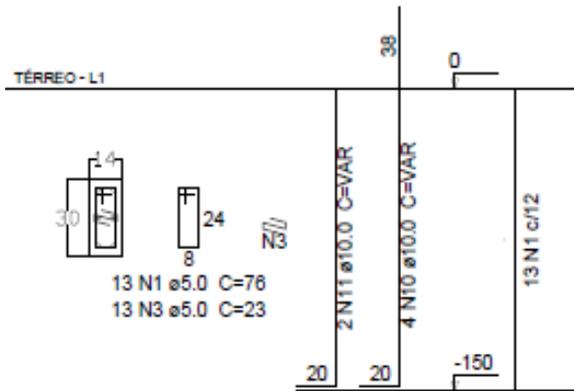
S2=S4=S10
PLANTA



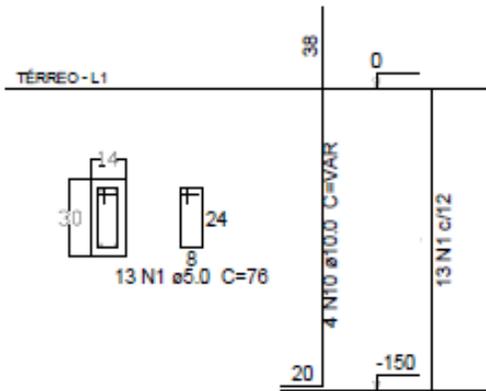
CORTE



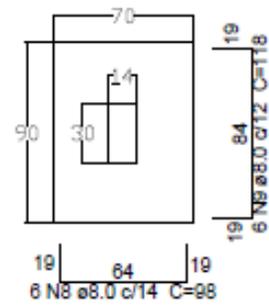
P5



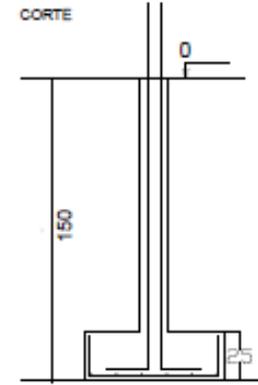
P7



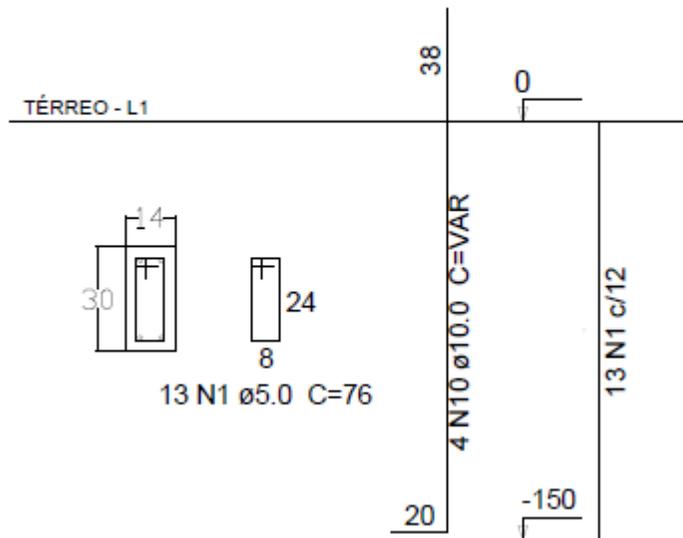
S5=S7
PLANTA



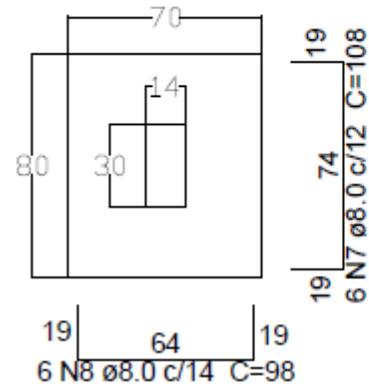
CORTE



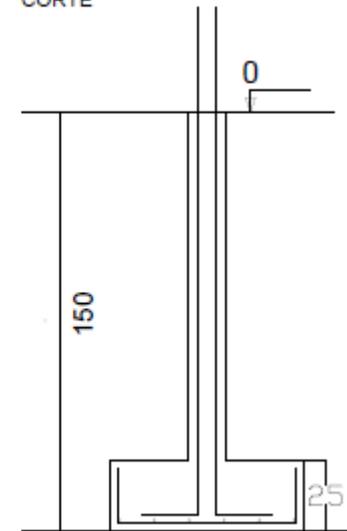
P8



S8
PLANTA



CORTE



Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	117	76	8892
	2	5.0	26	84	2184
	3	5.0	13	23	299
CA50	4	8.0	30	88	2640
	5	8.0	30	103	3090
	6	8.0	18	93	1674
	7	8.0	24	108	2592
	8	8.0	18	98	1764
	9	8.0	12	118	1416
	10	10.0	44	VAR	VAR
	11	10.0	2	VAR	VAR

Resumo do aço

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	131.8	57.2
	10.0	94	63.7
CA60	5.0	113.8	19.3
PESO TOTAL			
CA50	120.9		
CA60	19.3		

Vol. de concreto total (C-25) = 2.14 m³

Área de forma total = 22.66 m²

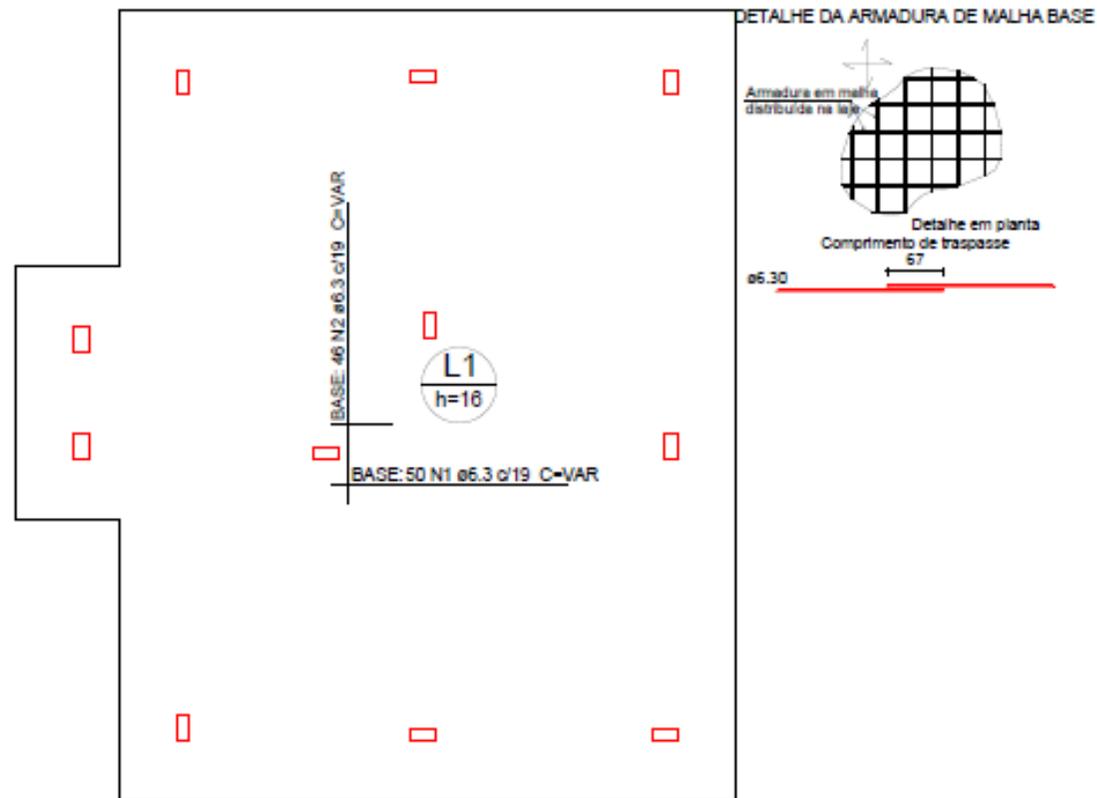
Resumo do aço - Vigas baldrames

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	204.2	88.6
	10.0	43.9	29.7
	12.5	20	21.2
CA60	5.0	259	43.9
PESO TOTAL			
CA50	139.5		
CA60	43.9		

Vol. de concreto total (C-25) = 2.35 m³

Área de forma total = 40.99 m²

APÊNDICE D – Radier para o solo 2



Armação superior do radier do pavimento térreo

Relação do aço

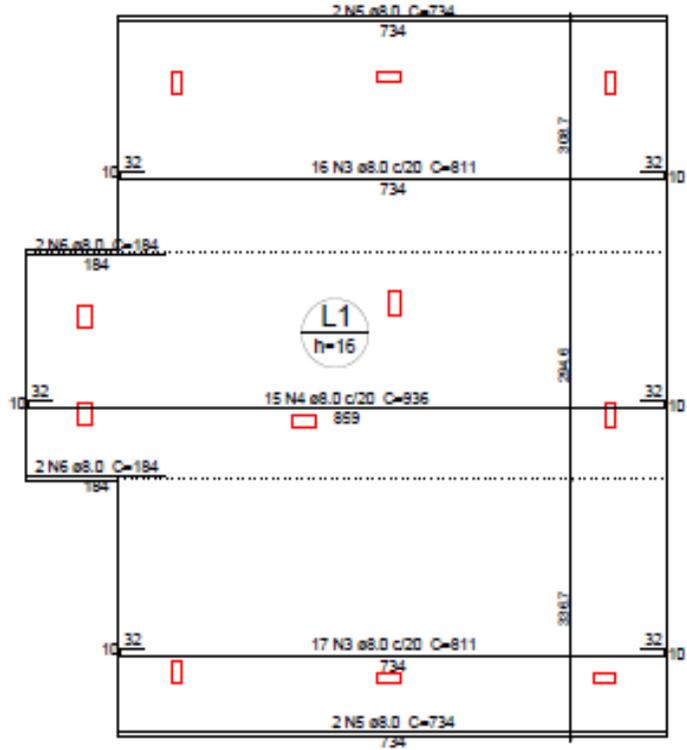
AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	50	VAR	VAR
	2	6.3	46	VAR	VAR
	3	8.0	33	811	26763
	4	8.0	15	936	14040
	5	8.0	4	734	2936
	6	8.0	4	184	736
	7	8.0	7	371	2597
	8	8.0	37	1011	37407
	9	8.0	2	934	1868
	10	8.0	2	364	728
	11	8.0	2	294	588
	12	8.0	2	394	788

Resumo do aço

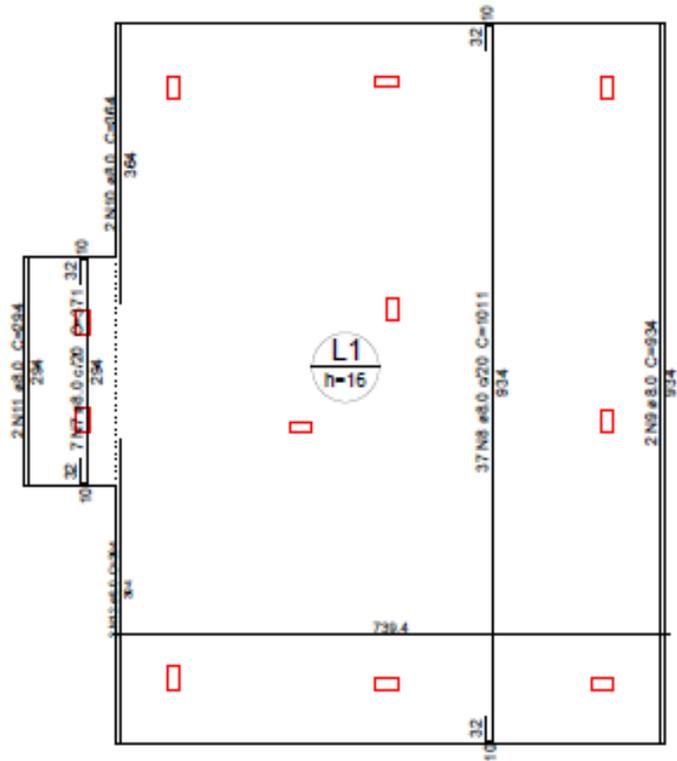
AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	774.4	208.4
	8.0	884.6	383.9
PESO TOTAL			
CA50	592.3		

Vol. de concreto total (C-25) = 11.73 m³

Área de forma total = 5.78 m²

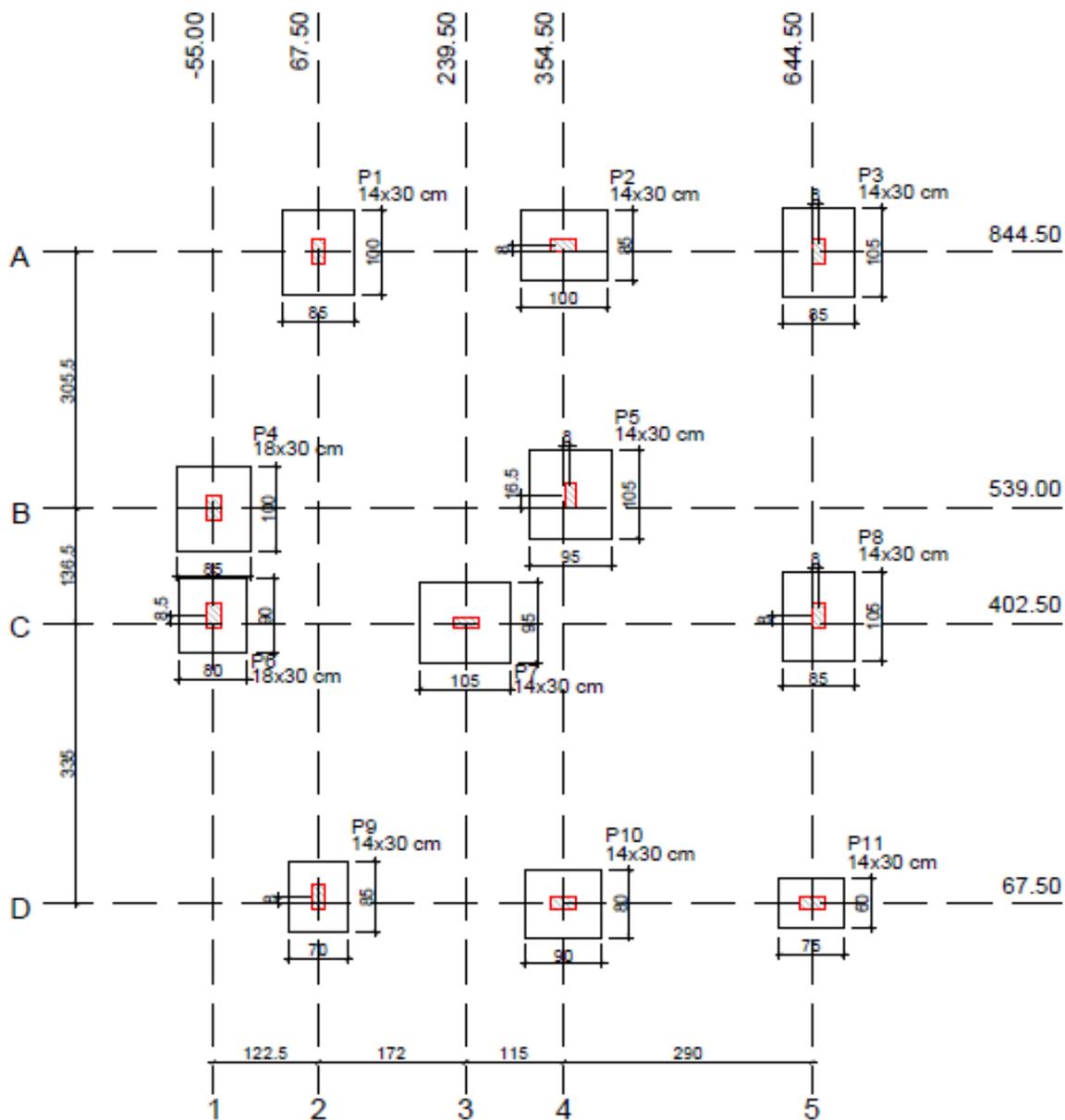


Armação inferior do radier do pavimento térreo (Eixo X)

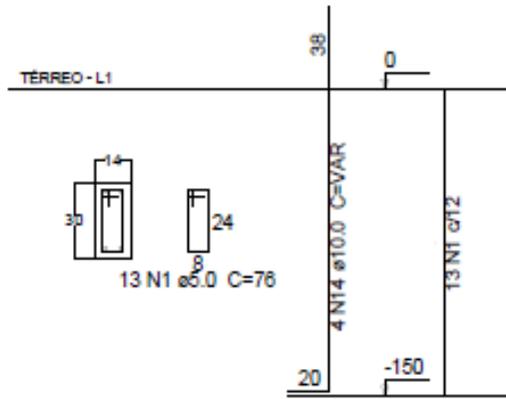


Armação inferior do radier do pavimento térreo (Eixo Y)

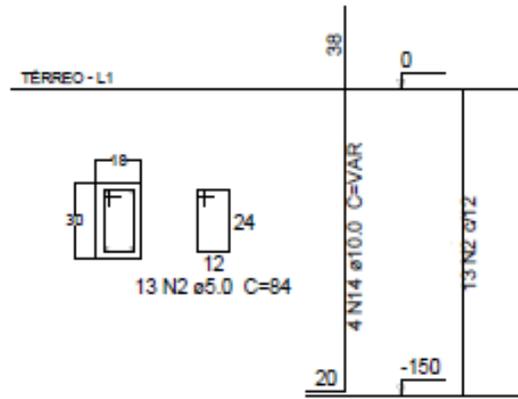
APÊNDICE E – Sapatas para o solo 3



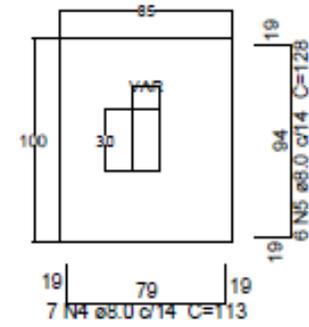
P1=P2



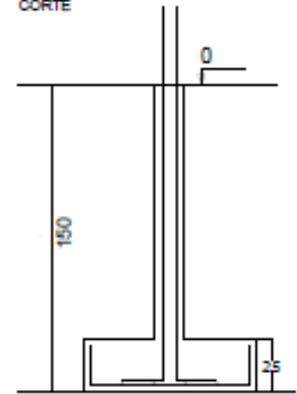
P4



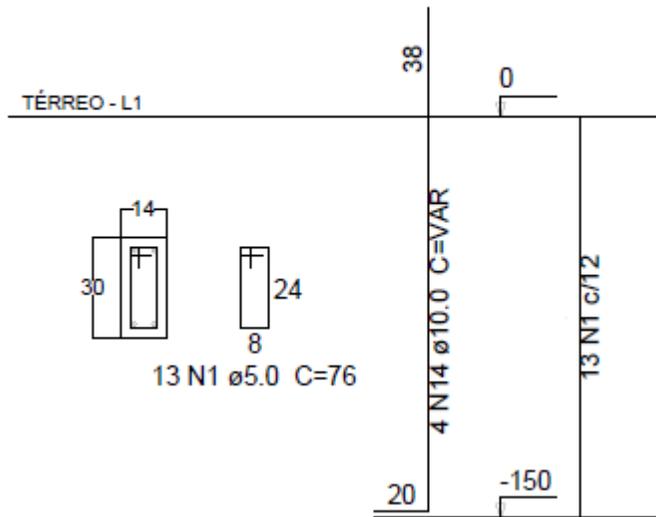
S1=S2=S4
PLANTA



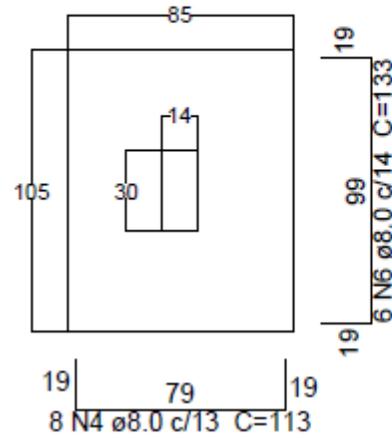
CORTE



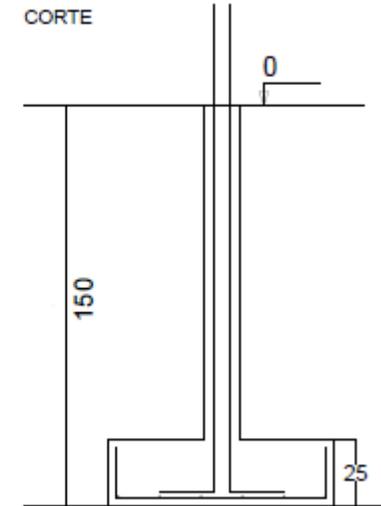
P3=P8



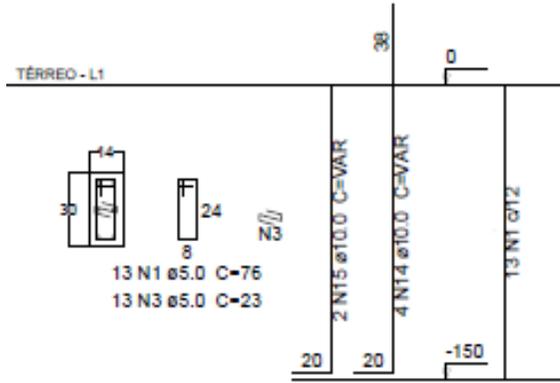
S3=S8
PLANTA



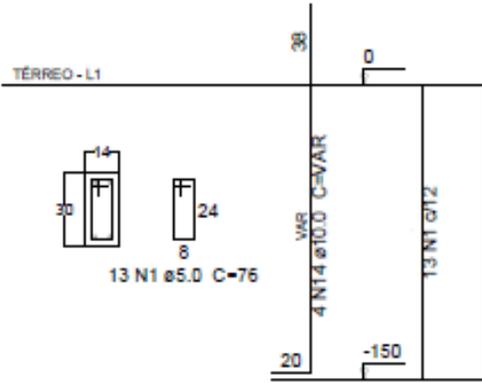
CORTE



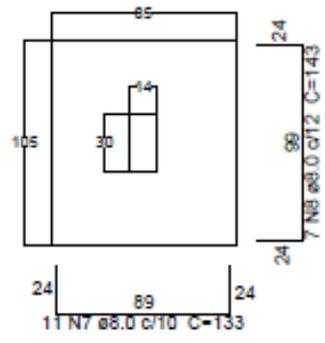
P5



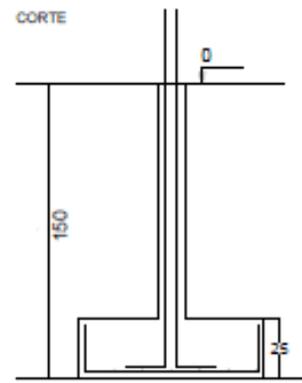
P7



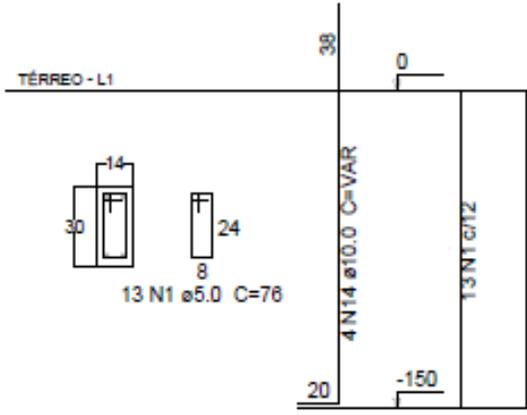
S5=S7
PLANTA



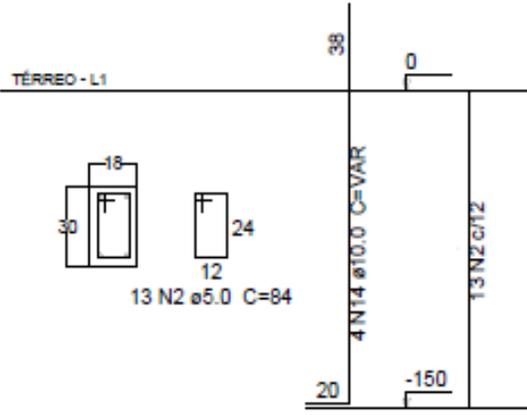
CORTE



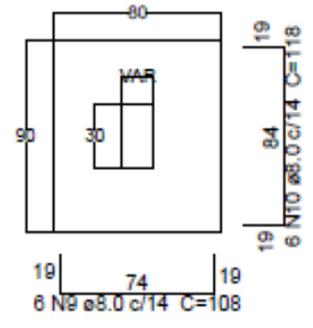
P10



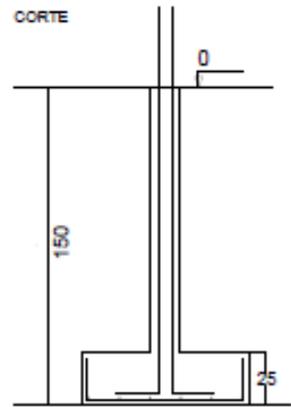
P6

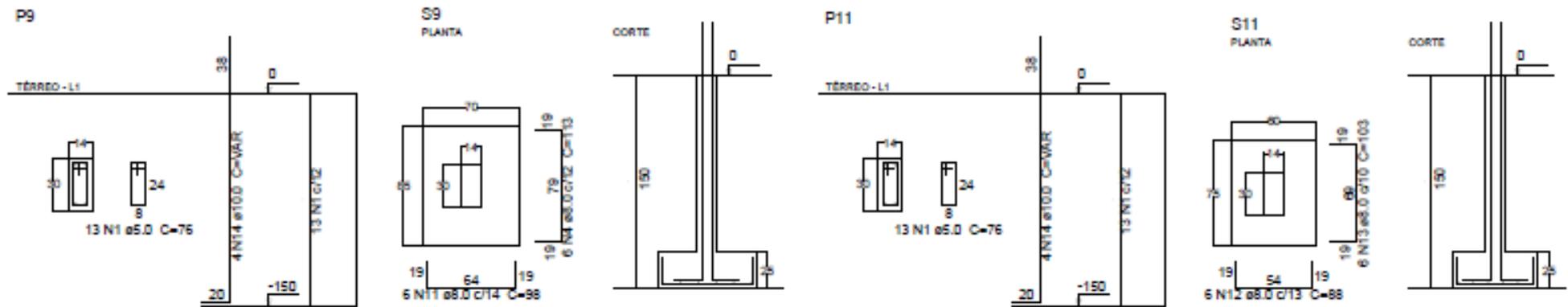


S6=S10
PLANTA



CORTE





Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	117	76	8892
	2	5.0	26	84	2184
	3	5.0	13	23	299
CA50	4	8.0	43	113	4859
	5	8.0	18	128	2304
	6	8.0	12	133	1596
	7	8.0	22	133	2926
	8	8.0	14	143	2002
	9	8.0	12	108	1296
	10	8.0	12	118	1416
	11	8.0	6	98	588
	12	8.0	6	88	528
	13	8.0	6	103	618
	14	10.0	44	VAR	VAR
	15	10.0	2	VAR	VAR

Resumo do aço

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	181.4	78.7
	10.0	94	63.7
CA60	5.0	113.8	19.3
PESO TOTAL			
CA50	142.4		
CA60	19.3		

Vol. de concreto total (C-25) = 3.03 m³

Área de forma total = 24.98 m²

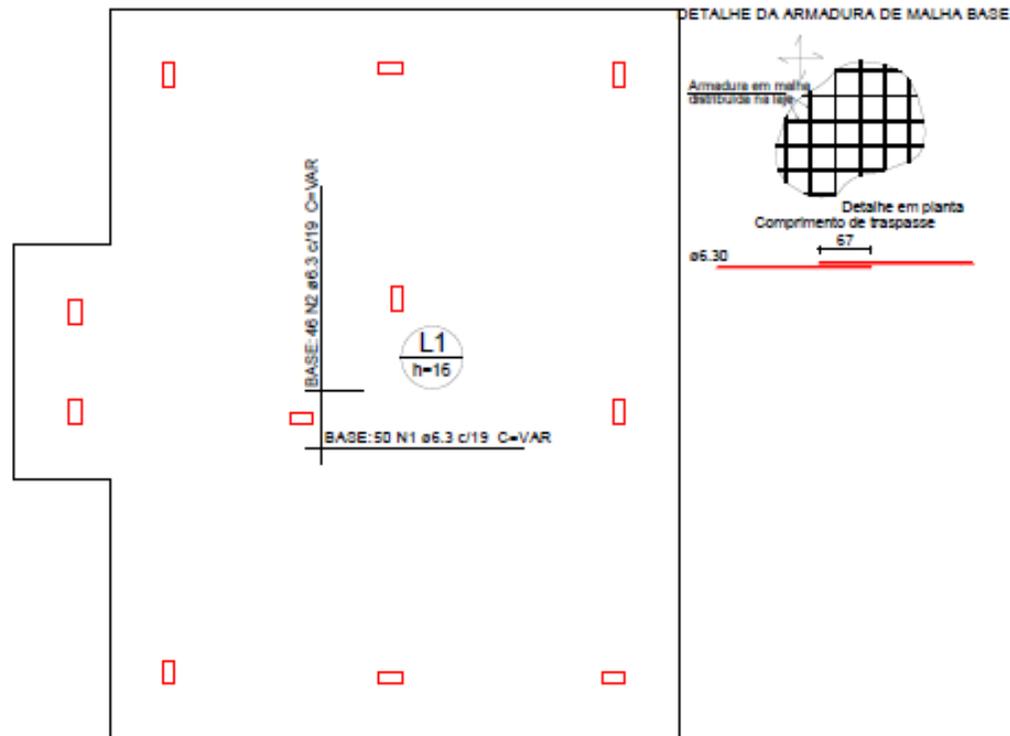
Resumo do aço - Vigas baldrame

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	204.2	88.6
	10.0	43.9	29.7
	12.5	20	21.2
CA60	5.0	259	43.9
PESO TOTAL			
CA50	139.5		
CA60	43.9		

Vol. de concreto total (C-25) = 2.35 m³

Área de forma total = 40.99 m²

APÊNDICE F – Radier para o solo 3



Armação superior do radier do pavimento térreo

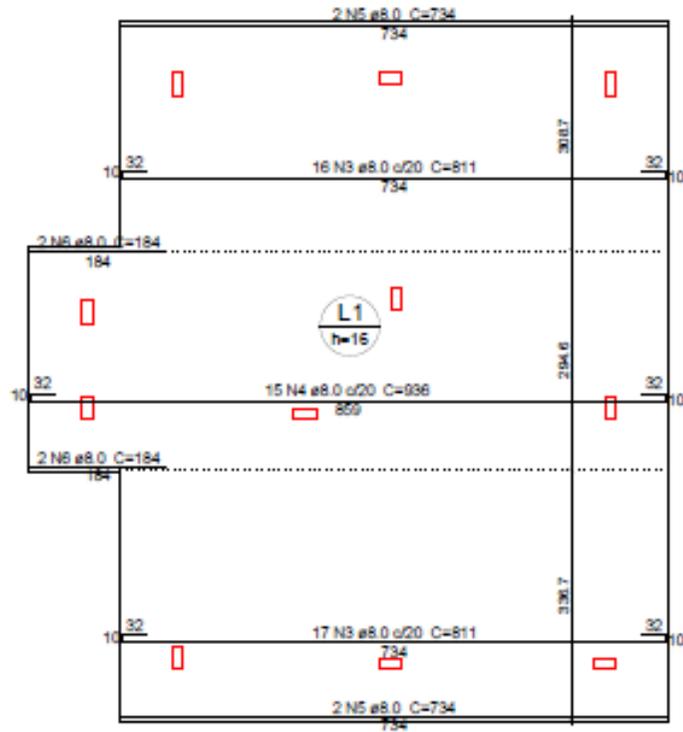
Relação do aço

AÇO	N	DIAM	Q	UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	50	VAR	VAR
	2	6.3	46	VAR	VAR
	3	8.0	33	811	26763
	4	8.0	15	936	14040
	5	8.0	4	734	2936
	6	8.0	4	184	736
	7	8.0	7	371	2597
	8	8.0	37	1011	37407
	9	8.0	2	934	1868
	10	8.0	2	364	728
	11	8.0	2	294	588
	12	8.0	2	394	788

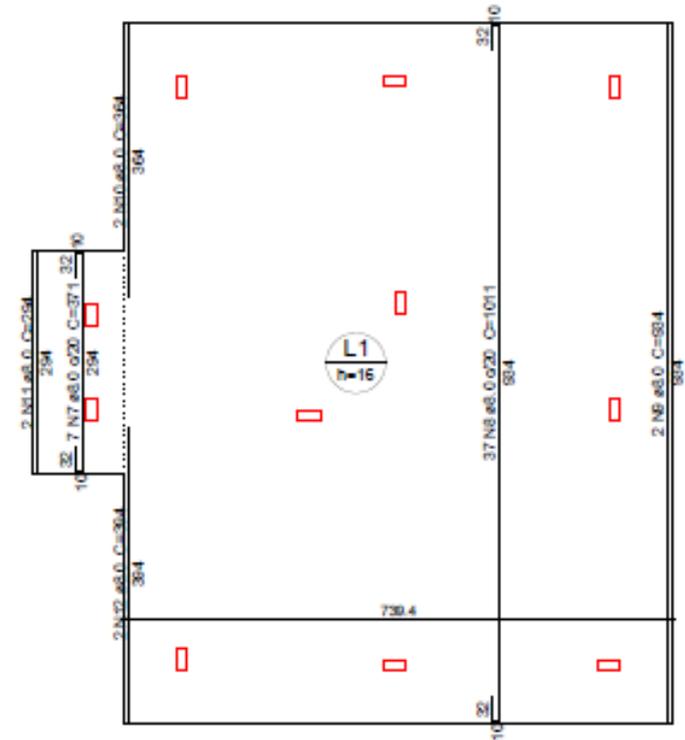
Resumo do aço

AÇO	DIAM	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	774.4	208.4
	8.0	884.6	383.9
PESO TOTAL			
CA50	592.3		

Vol. de concreto total (C-25) = 11.73 m³
 Área de forma total = 5.78 m²

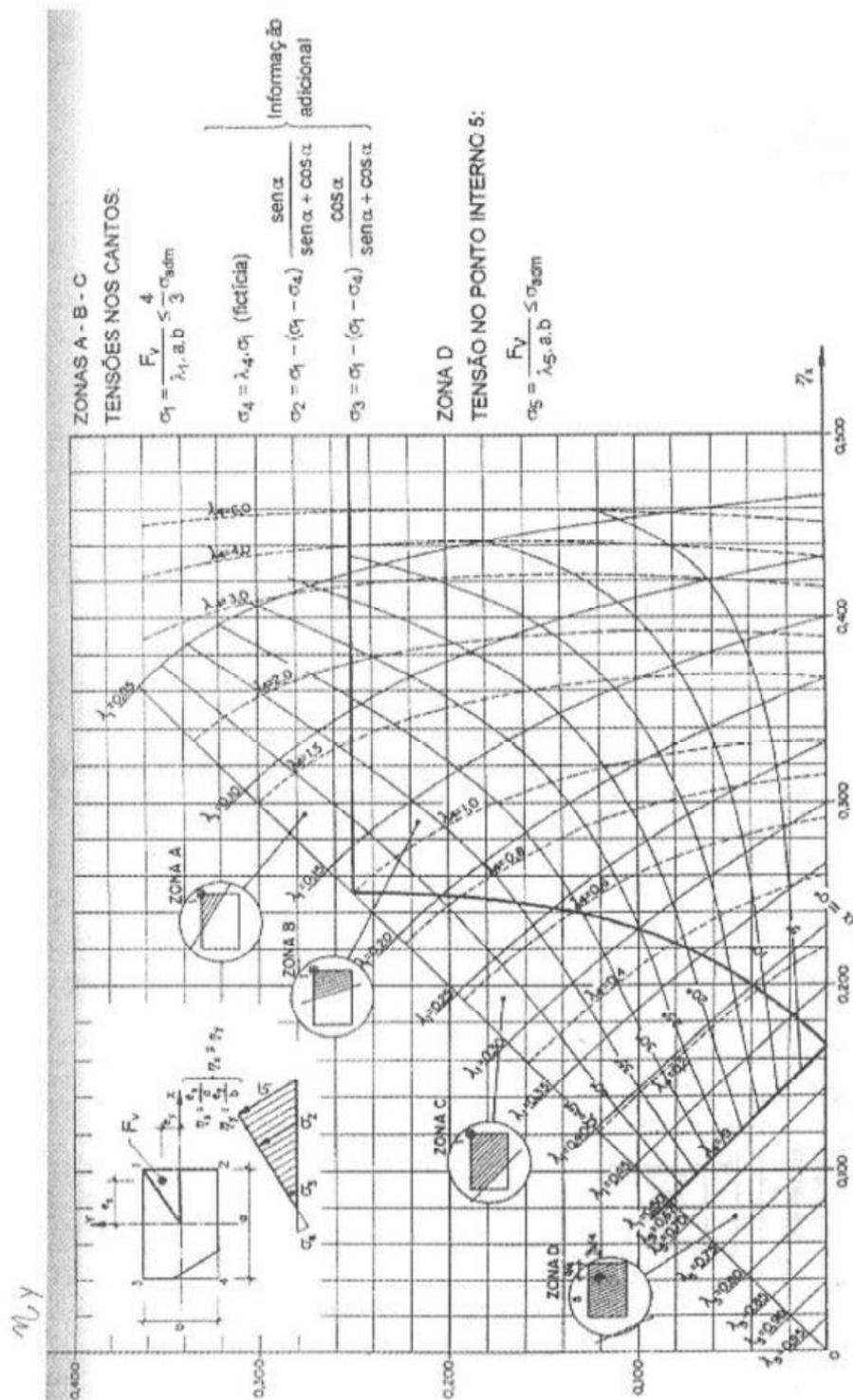


Armação inferior do radier do pavimento térreo (Eixo X)

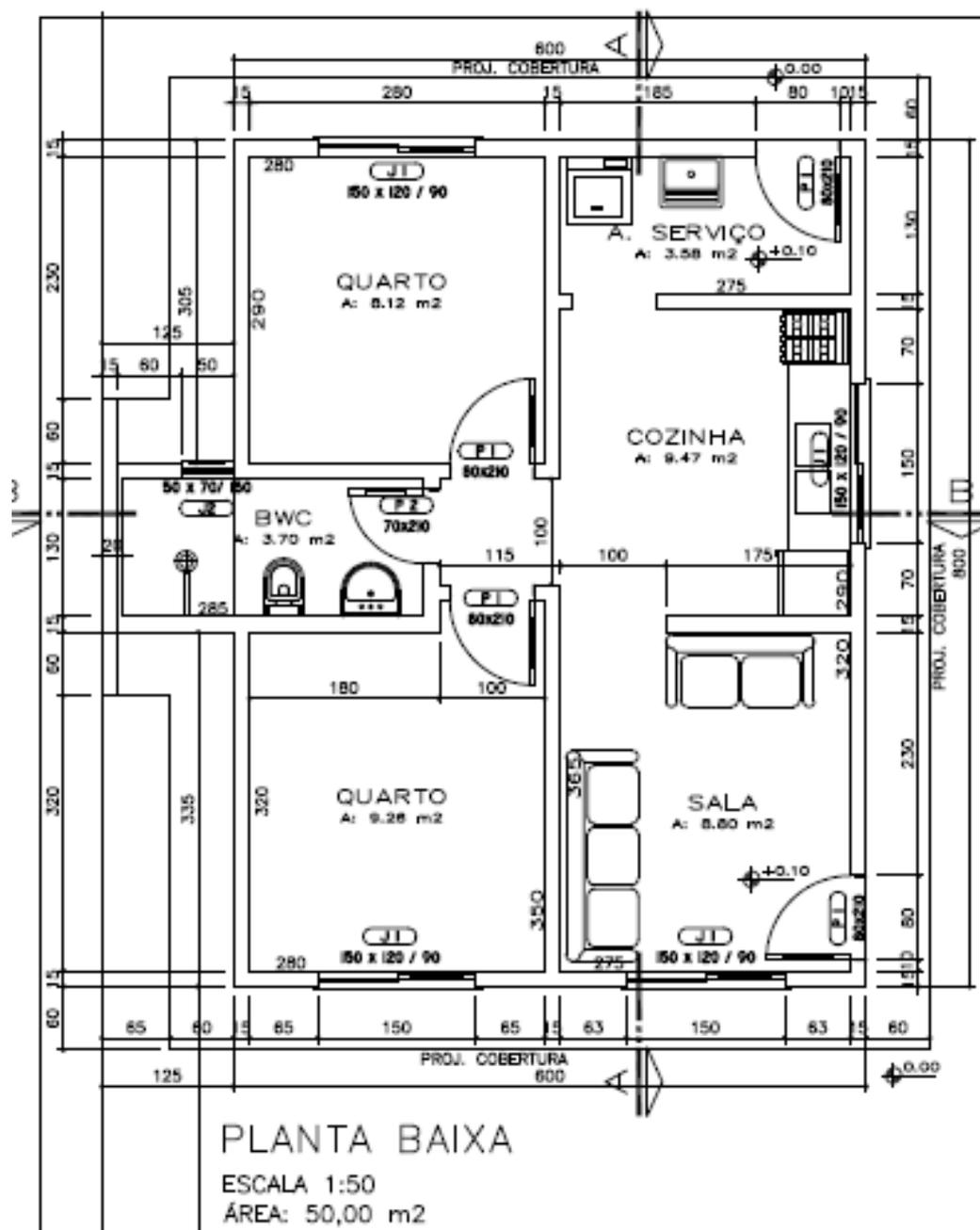


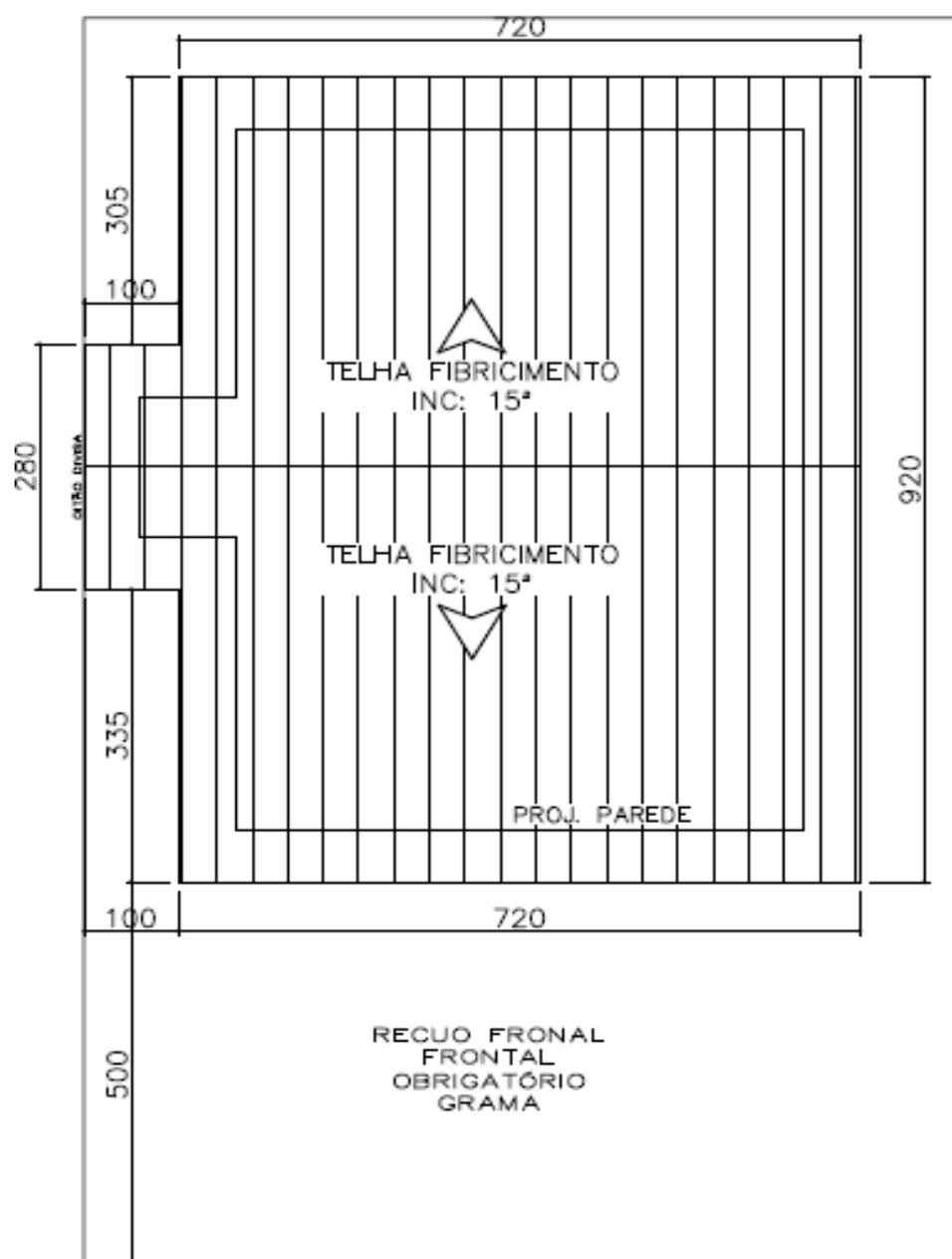
Armação inferior do radier do pavimento térreo (Eixo Y)

ANEXO A – Ábaco para a determinação de tensões máximas em sapatas retangulares com dupla excentricidade.

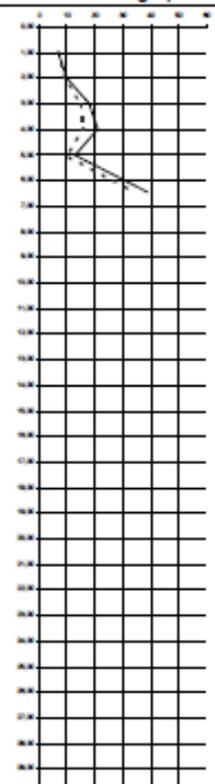


ANEXO B – Planta baixa e planta de cobertura da casa fácil





ANEXO C – Sondagem 1 Pato Branco

Resistência a penetração		Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			AMS	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes			Núm. de golpes / cm					
			15	15	15			
		1,00	3	4	3	1	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS C/ MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
		2,00	5	4	6	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
		3,00	6	9	9	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
		4,00	7	9	12	4	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
		5,00	4	6	7	5	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
		6,45	17	17	22	6	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
		7,00				7		
		8,00				8		
		9,00				9		
		10,00				10		
		11,00				11		
		12,00				12		
		13,00				13		
		14,00				14		
		15,00				15		
		16,00				16		
		17,00				17		
		18,00				18		
		19,00				19		
		20,00				20		
		21,00				21		
		22,00				22		
		23,00				23		
		24,00				24		
		25,00				25		
		26,00				26		
		27,00				27		
		28,00				28		
		29,00				29		
		30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215
 Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 1

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Wilson B. dos Santos, s/nº e outras Cidade: Pato Branco / PR				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP2 Início: 05/02/2015 Término: 05/02/2015 Data: 09/02/2015				
Resistência a penetração Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes		Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP) Núm. de golpes / cm			A M S Classificação da Camada	Nível de água	
			15	15	15			
		1,00	4	6	6	1	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - RUJA	
		2,00	1	2	2	2	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
		3,00	4	3	4	3	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
		4,00	7	9	9	4	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
		5,00	4	3	5	5	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
		6,00	5	7	8	6	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
		7,45	13	20	20	7	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
		8,00				8		
		9,00				9		
		10,00				10		
		11,00				11		
		12,00				12		
		13,00				13		
		14,00				14		
		15,00				15		
		16,00				16		
		17,00				17		
		18,00				18		
		19,00				19		
		20,00				20		
		21,00				21		
		22,00				22		
		23,00				23		
		24,00				24		
		25,00				25		
		26,00				26		
		27,00				27		
		28,00				28		
		29,00				29		
		30,00				30		

Revestimento \varnothing int - 63,50
 Amostrador | \varnothing ext - 50,80
 | \varnothing int - 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215
 Responsável técnico:

 Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 2

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Wilson B. dos Santos, s/nº e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E			Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP3 Início: 06/02/2015 Término: 06/02/2015 Data: 09/02/2015				
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
	1,00	4	6	6	1	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VAREGADAS C/ MATÉRIA ORGÂNICA E PEDREGULHOS	
	2,00	8	9	11	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUJA	
	3,15	31			3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VAREGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
	4,00				4	ARGILA SILTOSA CORES VAREGADAS COM CONCREÇÕES	SECO
	5,00				5		
	6,00				6		
	7,00				7		
	8,00				8		
	9,00				9		
	10,00				10		
	11,00				11		
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int - 63,50
 Amostrador | \varnothing ext - 50,80
 | \varnothing int - 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215
 Responsável técnico:

 Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D
 Folha: 3

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Wilson B. dos Santos, s/nº e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP4 Início: 04/02/2015 Término: 04/02/2015 Data: 09/02/2015			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck	Número de golpes	15	15	15			
	1,00	2	1	3	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
	2,00	2	3	3	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MÉDIA	
	3,00	1	3	2	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
	4,00	2	4	6	4	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	5,00	4	4	4	5	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	6,00	12	12	12	6	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
	7,00	5	6	6	7	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
	8,00	8	8	9	8	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
	9,00	6	5	7	9	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
	10,00	4	5	7	10	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
	11,00	7	9	10	11	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
	12,00	7	8	10	12	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUJA	
	13,16	31			13	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES	SECO
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int - 63,50
 Amostrador | \varnothing ext - 50,80
 | \varnothing int - 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 4

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Vilson B. dos Santos, s/nº e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP5 Início: 04/02/2015 Término: 04/02/2015 Data: 09/02/2015			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Num. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
1,00		7	6	15	1	ARGILA SILTOSA CORES VAREGADAS COM MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
2,15		31			2	ARGILA SILTOSA CORES VAREGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
3,00					3	ARGILA SILTOSA CORES VAREGADAS COM CONCREÇÕES	
4,00					4		
5,00					5		
6,00					6		
7,00					7		
8,00					8		
9,00					9		
10,00					10		
11,00					11		
12,00					12		
13,00					13		
14,00					14		
15,00					15		
16,00					16		
17,00					17		
18,00					18		
19,00					19		
20,00					20		
21,00					21		
22,00					22		
23,00					23		
24,00					24		
25,00					25		
26,00					26		
27,00					27		
28,00					28		
29,00					29		
30,00					30		

Revestimento \varnothing int - 63,50
 Amostrador | \varnothing ext - 50,80
 | \varnothing int - 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 5

Resistência a penetração		Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes			Núm. de golpes / cm					
			15	15	15			
		1,45	7	12	31	1	ARGILA SILTOSA CORES VAREGADAS COM MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
		2,00				2	ARGILA SILTOSA CORES VAREGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
		3,00				3		
		4,00				4		
		5,00				5		
		6,00				6		
		7,00				7		
		8,00				8		
		9,00				9		
		10,00				10		
		11,00				11		
		12,00				12		
		13,00				13		
		14,00				14		
		15,00				15		
		16,00				16		
		17,00				17		
		18,00				18		
		19,00				19		
		20,00				20		
		21,00				21		
		22,00				22		
		23,00				23		
		24,00				24		
		25,00				25		
		26,00				26		
		27,00				27		
		28,00				28		
		29,00				29		
		30,00				30		

Revestimento \varnothing int - 63,50
 Amostrador | \varnothing ext - 50,80
 | \varnothing int - 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 6

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Núm. de golpes / cm					
Número de golpes				15	15	15				
				1,00	8	8	8	1	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS c/ MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
				2,00	5	5	6	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - RUJA	
				3,45	16	18	18	3	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
				4,00				4		
				5,00				5		
				6,00				6		
				7,00				7		
				8,00				8		
				9,00				9		
				10,00				10		
				11,00				11		
				12,00				12		
				13,00				13		
				14,00				14		
				15,00				15		
				16,00				16		
				17,00				17		
				18,00				18		
				19,00				19		
				20,00				20		
				21,00				21		
				22,00				22		
				23,00				23		
				24,00				24		
				25,00				25		
				26,00				26		
				27,00				27		
				28,00				28		
				29,00				29		
				30,00				30		

Revestimento \varnothing int - 63,50
 Amostrador | \varnothing ext - 50,80
 | \varnothing int - 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 09/02/2015

Sondagem nº: 11890215

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 7

ANEXO D – Sondagem 2 Pato Branco

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			AMS	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes					Núm. de golpes / cm					
				15	15	15				
				1,00	4	3	4	1	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM MATÉRIA ORGÂNICA	
				2,00	4	5	4	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				3,00	4	2	3	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
				4,00	9	9	7	4	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
				5,00	6	7	6	5	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
				6,00	9	10	11	6	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - DURA	
				7,00	4	5	6	7	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
				8,00	14	13	11	8	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
				9,00	4	5	6	9	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
				10,45	6	7	8	10	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	SECO
				11,00				11	SONDAGEM PARALISADA	
				12,00				12		
				13,00				13		
				14,00				14		
				15,00				15		
				16,00				16		
				17,00				17		
				18,00				18		
				19,00				19		
				20,00				20		
				21,00				21		
				22,00				22		
				23,00				23		
				24,00				24		
				25,00				25		
				26,00				26		
				27,00				27		
				28,00				28		
				29,00				29		
				30,00				30		

Revestimento \varnothing int → 63,50
 Amostrador | \varnothing ext → 50,80
 | \varnothing int → 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

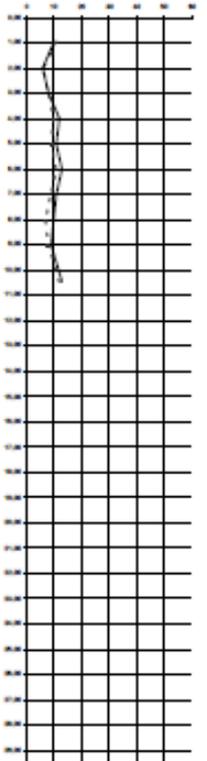
Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 1

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Natália Machado e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP2 Início: 17/11/2014 Término: 18/11/2014 Data: 20/11/2014			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
							
	1,00	6	5	5	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM COM MATÉRIA ORGÂNICA E PEDREGULHOS	
	2,00	3	3	3	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM C/ MAT. ORGÂNICA E CONCREÇÕES - MÉDIA	
	3,00	3	5	3	3	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	4,00	5	5	7	4	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM COM CONCREÇÕES - RUA	
	5,00	4	5	6	5	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	6,00	5	6	7	6	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	7,00	4	5	6	7	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM COM CONCREÇÕES - RUA	
	8,00	3	4	6	8	ARGILA SILTOSA MARRROM COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	9,00	4	4	5	9	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	10,45	6	6	7	10	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	SECO
	11,00				11	SONDAGEM PARALISADA	
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 2

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Núm. de golpes / cm					
Número de golpes					15	15	15			
				1,00	3	5	5	1	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
				2,00	6	7	8	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				3,00	4	5	7	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
				4,00	5	6	5	4	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
				5,00	2	3	3	5	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				6,00	5	7	10	6	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
				7,00	3	4	5	7	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				8,00	4	5	4	8	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				9,00	3	3	4	9	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				10,45	5	6	8	10	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	SECO
				11,00				11	SONDAGEM PARALISADA	
				12,00				12		
				13,00				13		
				14,00				14		
				15,00				15		
				16,00				16		
				17,00				17		
				18,00				18		
				19,00				19		
				20,00				20		
				21,00				21		
				22,00				22		
				23,00				23		
				24,00				24		
				25,00				25		
				26,00				26		
				27,00				27		
				28,00				28		
				29,00				29		
				30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 3

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Natália Machado e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP4 Início: 18/11/2014 Término: 19/11/2014 Data: 20/11/2014			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes		15	15	15			
	1,00	1	2	3	1	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS c/ MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
	2,00	2	2	3	2	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
	3,00	4	5	6	3	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
	4,00	5	5	4	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	5,00	6	5	6	5	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	6,00	7	8	9	6	ARGILA POUCA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	7,00	8	8	7	7	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	8,00	9	12	14	8	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	9,45	14	18	20	9	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	8ECO
	10,00				10		
	11,00				11		
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 4

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Núm. de golpes / cm					
Número de golpes				15	15	15				
				1,00	1	2	2	1	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM MATÉRIA ORGÂNICA	
				2,00	2	2	2	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - MOLE	
				3,00	5	3	3	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
				4,00	4	3	4	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				5,00	5	7	9	5	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
				6,00	12	15	15	6	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
				7,00	11	10	11	7	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
				8,00	10	14	18	8	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
				9,45	16	19	21	9	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
				10,00				10		
				11,00				11		
				12,00				12		
				13,00				13		
				14,00				14		
				15,00				15		
				16,00				16		
				17,00				17		
				18,00				18		
				19,00				19		
				20,00				20		
				21,00				21		
				22,00				22		
				23,00				23		
				24,00				24		
				25,00				25		
				26,00				26		
				27,00				27		
				28,00				28		
				29,00				29		
				30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

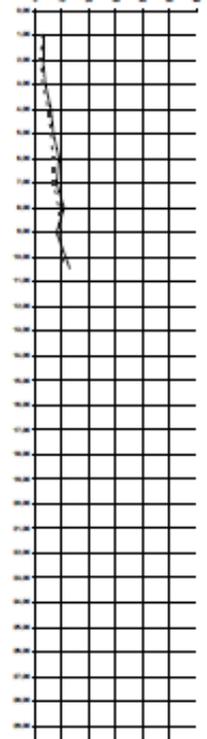
Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 5

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Natália Machado e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP6 Início: 17/11/2014 Término: 17/11/2014 Data: 20/11/2014			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
	1,00	1	2	1	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
	2,00	1	1	2	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
	3,00	1	2	2	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MOLE	
	4,00	2	3	3	4	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MÉDIA	
	5,00	3	3	4	5	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	6,00	3	4	5	6	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	7,00	3	4	4	7	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	8,00	4	5	6	8	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	9,00	5	4	4	9	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	10,45	5	6	7	10	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	SECO
	11,00				11	SONDAGEM PARALISADA	
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 6

Resistência a penetração		Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes			Núm. de golpes / cm					
			15	15	15			
		1,00	5	6	8	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM MATÉRIA ORGÂNICA E PEDREGULHOS	
		2,00	6	7	8	2	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
		3,00	2	3	3	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
		4,00	4	5	6	4	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
		5,00	6	8	8	5	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
		6,00	5	6	8	6	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
		7,00	5	6	7	7	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
		8,00	6	7	8	8	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
		9,00	7	8	8	9	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
		10,45	9	10	10	10	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
		11,00				11	SONDAGEM PARALISADA	
		12,00				12		
		13,00				13		
		14,00				14		
		15,00				15		
		16,00				16		
		17,00				17		
		18,00				18		
		19,00				19		
		20,00				20		
		21,00				21		
		22,00				22		
		23,00				23		
		24,00				24		
		25,00				25		
		26,00				26		
		27,00				27		
		28,00				28		
		29,00				29		
		30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 7

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Conjunto Habitacional Villa São Pedro Local: Rua Natália Machado e outras Cidade: Pato Branco / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP8 Início: 17/11/2014 Término: 17/11/2014 Data: 20/11/2014			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
	1,00	2	3	3	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM MATÉRIA ORGÂNICA E CONCREÇÕES	
	2,00	3	5	7	2	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	3,00	3	4	7	3	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	4,00	8	8	11	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	5,00	11	6	5	5	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - RUA	
	6,00	2	3	5	6	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - MÉDIA	
	7,00	14	15	16	7	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
	8,46	17	20	21	8	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	SECO
	9,00				9		
	10,00				10		
	11,00				11		
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 20/11/2014

Sondagem nº: 11501114
 Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64907-D

Folha: 8

ANEXO E – Sondagem 3 Clevelândia

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Núm. de golpes / cm					
Número de golpes				15	15	15				
				1,00	5	5	10	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
				2,00	1	2	3	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - RIJA	
				3,00	2	3	3	3	ARGILA SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				4,00	1	1	2	4	ARGILA SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MÉDIA	
				5,00	1	3	3	5	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				6,00	1	2	3	6	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MÉDIA	
				6,66	16 / 10			7	50 - ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS C/ PEDREGULHOS - MOLE	
				7,00				8		
				8,00				9		
				9,00				10		
				10,00				11		
				11,00				12		
				12,00				13		
				13,00				14		
				14,00				15		
				15,00				16		
				16,00				17		
				17,00				18		
				18,00				19		
				19,00				20		
				20,00				21		
				21,00				22		
				22,00				23		
				23,00				24		
				24,00				25		
				25,00				26		
				26,00				27		
				27,00				28		
				28,00				29		
				29,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

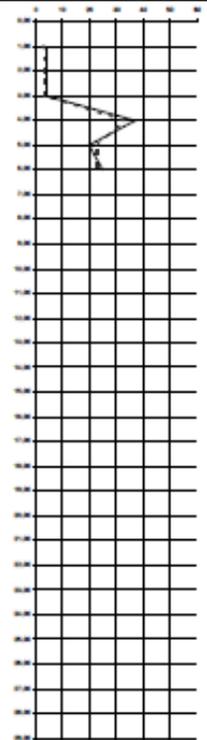
Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 1

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Número de golpes / cm					
Número de golpes					15	15	15			
				1,00	1	2	2	1	ARGILA SILTOSA MARRROM COM PEDREGULHOS	
				2,00	2	2	2	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				3,00	2	2	2	3	ARGILA POUCO SILTOSA MARRROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				4,00	12	21	16	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - DURA	
				5,00	13	10	10	5	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - DURA	
				6,00	11	12	13	6	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM CONCREÇÕES - DURA	
				6,65	5 / 0			7	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS	3ECO
				7,00				8		
				8,00				9		
				9,00				10		
				10,00				11		
				11,00				12		
				12,00				13		
				13,00				14		
				14,00				15		
				15,00				16		
				16,00				17		
				17,00				18		
				18,00				19		
				19,00				20		
				20,00				21		
				21,00				22		
				22,00				23		
				23,00				24		
				24,00				25		
				25,00				26		
				26,00				27		
				27,00				28		
				28,00				29		
				29,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 2

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Núm. de golpes / cm					
Número de golpes				15	15	15				
				1,00	2	1	1	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
				2,00	1	1	1	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MUITO MOLE	
				3,00	1	1	1	3	ARGILA SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MUITO MOLE	
				4,00	1	1	1	4	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MUITO MOLE	4,80 m
				5,15	12 / 15			5	5/0 - ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS	
				6,00				6		
				7,00				7		
				8,00				8		
				9,00				9		
				10,00				10		
				11,00				11		
				12,00				12		
				13,00				13		
				14,00				14		
				15,00				15		
				16,00				16		
				17,00				17		
				18,00				18		
				19,00				19		
				20,00				20		
				21,00				21		
				22,00				22		
				23,00				23		
				24,00				24		
				25,00				25		
				26,00				26		
				27,00				27		
				28,00				28		
				29,00				29		
				30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 3

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções				Sondagem a Percussão (SPT)			
Obra: Loteamento				SP: SP4			
Local: Rua das Hortências e Outras				Início: 15/05/2017		Término: 15/05/2017	
Cidade: Clevelândia / PR				Data: 29/05/2017			
Escala: S/E							
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			AMS	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
	1,00	1	2	2	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
	2,00	2	1	2	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
	3,00	2	2	2	3	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
	4,00	4	3	6	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MOLE	
	5,00	4	3	6	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MÉDIA	
	6,00	7	7	6	5	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - RUA	
	7,00	1	1	3	6	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MOLE	
	8,00	7	11	13	7	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - DURA	
	9,00	15	16	15	8	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - DURA	
	9,45	13	20	20	9	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - DURA	SECO
	10,00				10		
	11,00				11		
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 4

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Loteamento Local: Rua das Hortências e Outras Cidade: Clevelândia / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP5 Início: 15/05/2017 Término: 15/05/2017 Data: 29/05/2017			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck	Número de golpes	15	15	15			
	1,00	1	1	2	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
	2,00	1	1	1	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
	3,00	1	1	3	3	ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MOLE	
	4,45	14	16	26	4	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - DURA	SECO
	5,00				5		
	6,00				6		
	7,00				7		
	8,00				8		
	9,00				9		
	10,00				10		
	11,00				11		
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 85Kg. c/ altura de queda de 75cm.

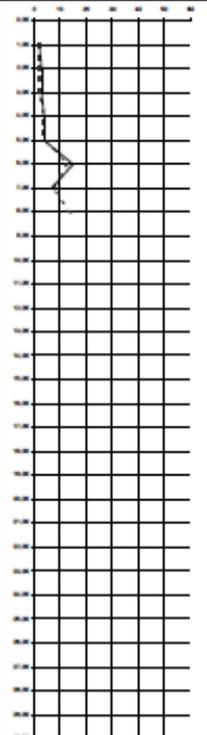
Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

 Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 5

Resistência a penetração				Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck					Núm. de golpes / cm					
Número de golpes					15	15	15			
				1,00	1	1	1	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
				2,00	1	1	2	2	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MUITO MOLE	
				3,00	1	1	2	3	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				4,00	2	2	2	4	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				5,00	2	2	2	5	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MOLE	
				6,00	6	7	6	6	ARGILA SILTOSA MARROM COM CONCREÇÕES - RUA	
				7,00	4	3	4	7	ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS - MÉDIA	7,00 m
				8,15	15 / 15			8	50 - ARGILA POUCO SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS	
				9,00				9		
				10,00				10		
				11,00				11		
				12,00				12		
				13,00				13		
				14,00				14		
				15,00				15		
				16,00				16		
				17,00				17		
				18,00				18		
				19,00				19		
				20,00				20		
				21,00				21		
				22,00				22		
				23,00				23		
				24,00				24		
				25,00				25		
				26,00				26		
				27,00				27		
				28,00				28		
				29,00				29		
				30,00				30		

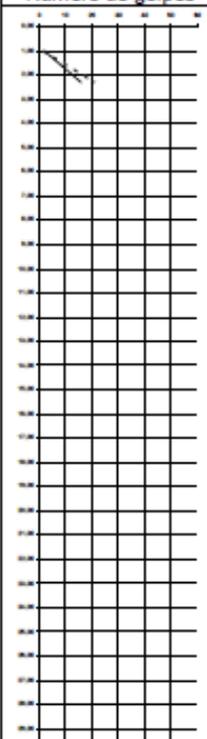
Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador \varnothing ext \rightarrow 50,80
 \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517
 Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 6

Resistência a penetração		Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
Amostrador tipo Terzagui & Peck Número de golpes			Núm. de golpes / cm					
		15	15	15				
		1,00	1	1	1	1	ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
		2,50	5	16 / 15	2		ARGILA POUCO SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MUITO MOLE	
		3,00				3	5/0 - ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS	8ECO
		4,00				4		
		5,00				5		
		6,00				6		
		7,00				7		
		8,00				8		
		9,00				9		
		10,00				10		
		11,00				11		
		12,00				12		
		13,00				13		
		14,00				14		
		15,00				15		
		16,00				16		
		17,00				17		
		18,00				18		
		19,00				19		
		20,00				20		
		21,00				21		
		22,00				22		
		23,00				23		
		24,00				24		
		25,00				25		
		26,00				26		
		27,00				27		
		28,00				28		
		29,00				29		
		30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

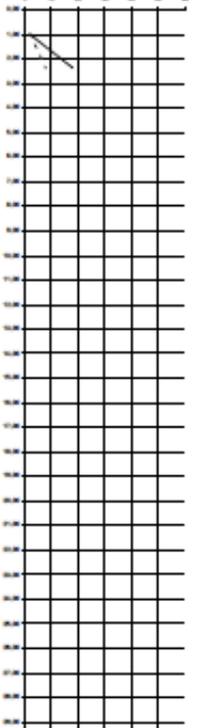
Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 7

Cliente: Itagiba Engenharia e Construções Obra: Loteamento Local: Rua das Hortências e outras Cidade: Clevelândia / PR Escala: S/E				Sondagem a Percussão (SPT) SP: SP7-T Início: 19/05/2017 Término: 19/05/2017 Data: 29/05/2017			
Resistência a penetração	Profundidade da cam (m)	Ensaio Penetrométrico (STP)			A M S	Classificação da Camada	Nível de água
		Núm. de golpes / cm					
Amostrador tipo Terzagui & Peck		15	15	15			
Número de golpes							
	1,00	1	1	1	1	ARGILA SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS	
	2,35	3	5	13 / 5	2	ARGILA POUCA SILTOSA MARROM COM PEDREGULHOS - MUITO MOLE	
	3,00				3	SI - ARGILA SILTOSA CORES VARIEGADAS COM PEDREGULHOS	SECO
	4,00				4		
	5,00				5		
	6,00				6		
	7,00				7		
	8,00				8		
	9,00				9		
	10,00				10		
	11,00				11		
	12,00				12		
	13,00				13		
	14,00				14		
	15,00				15		
	16,00				16		
	17,00				17		
	18,00				18		
	19,00				19		
	20,00				20		
	21,00				21		
	22,00				22		
	23,00				23		
	24,00				24		
	25,00				25		
	26,00				26		
	27,00				27		
	28,00				28		
	29,00				29		
	30,00				30		

Revestimento \varnothing int \rightarrow 63,50
 Amostrador | \varnothing ext \rightarrow 50,80
 | \varnothing int \rightarrow 34,90
 Peso 65Kg. c/ altura de queda de 75cm.

Data: 29/05/2017

Sondagem nº: 15350517

Responsável técnico:

Manoel Gustavo G. dos Santos
 Eng. Civil CREA RS 64807-D

Folha: 8