

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ARIANA GENON COSTA**

**NATALIA ROSA MAIA**

**A INFLUÊNCIA DA CARGA DE COMPRESSÃO DO PILAR  
NO CUSTO DO BLOCO E DA SAPATA ISOLADA**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

**ARIANA GENON COSTA**

**NATALIA ROSA MAIA**

**A INFLUÊNCIA DA CARGA DE COMPRESSÃO DO PILAR  
NO CUSTO DO BLOCO E DA SAPATA ISOLADA**

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

**ORIENTADORA: VANESSA HONORATO DOMINGOS**

**ANÁPOLIS / GO: 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

COSTA, ARIANA GENON / MAIA, NATALIA ROSA

A influência da carga de compressão do pilar no custo do Bloco e da Sapata Isolada

92P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021)

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- |                    |                   |
|--------------------|-------------------|
| 1. Fundação Rasa   | 2. Sapata Isolada |
| 3. Dimensionamento | 4. Bloco          |
| I. ENC/UNI         | II. Bacharel      |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Genon C., Ariana e Rosa M. Natalia - Panorama entre a influência da carga de compressão do pilar e o custo de uma fundação superficial 2021

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Ariana Genon Costa

Natalia Rosa Maia

Título da dissertação de trabalho de conclusão de curso a influência da carga de compressão do pilar no custo do bloco e da sapata isolada

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

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



Ariana Genon Costa

E-mail: [arianagenon@gmail.com](mailto:arianagenon@gmail.com)



Natalia Rosa Maia

E-mail: [natrosamaia@gmail.com](mailto:natrosamaia@gmail.com)

**ARIANA GENON COSTA  
NATALIA ROSA MAIA**

**A INFLUÊNCIA DA CARGA DE COMPRESSÃO DO PILAR  
NO CUSTO DO BLOCO E DA SAPATA ISOLADA**

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

**APROVADO POR:**

*Vanessa Honorato Domingos*

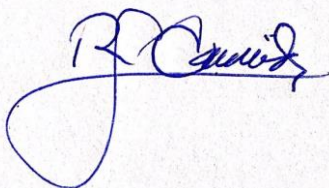
---

**VANESSA HONORATO DOMINGOS Mestra (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADORA)**

*Ana Lúcia Carrijo Adorno*

---

**ANA LÚCIA CARRIJO ADORNO, Doutora (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



---

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 01 de DEZEMBRO de 2021.**

## **AGRADECIMENTOS**

Dizem que Deus não te dá uma cruz que você não possa suportar, então agradeço primeiramente a Ele por ter me feito passar por tudo de bom e ruim nesta faculdade, principalmente aos acontecimentos desta pandemia. Agradeço também aos meus pais, pelo suporte e apoio e aos meus avós, por terem incentivado e me apoiado. Agradeço também a nossa orientadora por toda a sua dedicação e empenho, a fim de ajudar a fazer um trabalho melhor e também a todos os professores que auxiliaram ao longo dessa formação. Em especial agradeço a minha colega Natalia, por esses 4 anos de amizade e companheirismo e pela escolha de fazer o TCC comigo. E aos meus amigos, que mesmo distantes me apoiaram ao longo desse caminho. E por fim agradeço a Empresa GeoBrasil Engenharia, por ter disponibilizado os laudos de sondagem, foi de suma importância para a continuação desse trabalho.

Ariana Genon Costa

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem sua providência nada seria possível. Agradeço aos meus pais pelo apoio e incentivo, por não me deixarem desistir e me ampararem em cada dificuldade. E aos meus amigos, que percorreram comigo cada passo dessa jornada, fornecendo suporte em cada desafio. Em especial agradeço minha colega, que me complementa e me faz ser melhor todos os dias. Agradeço também a nossa orientadora, por toda sua dedicação e empenho na realização do melhor trabalho possível e aos demais professores, que me auxiliaram ao longo de toda formação.

Natália Rosa Maia

## **RESUMO**

Uma fundação é um elemento estrutural geralmente construído abaixo do nível do terreno, em vista que o solo tem resistência muito inferior ao concreto do pilar, é necessário projetar algum outro tipo de elemento estrutural, com a função de transmitir as ações da superestrutura ao solo. O presente trabalho fomenta um estudo acerca do tema “A influência da carga de compressão do pilar no custo do bloco e da sapata isolada”. Objetiva-se verificar a melhor viabilidade técnica e econômica em relação à sapata isolada e ao bloco, comparando o desempenho e o custo benefício de tais fundações rasas. Foi realizada inicialmente uma revisão da literatura relacionada a fundações, com ênfase nas fundações superficiais: bloco e sapata isolada. Posteriormente foi fundamentado um estudo teórico das técnicas de investigações do solo e tensões admissíveis a fim de dimensionar exemplos de sapata isolada e bloco para as cargas de 250 kN, 500 kN e 750 kN. O estudo atinge o objetivo principal com o orçamento através de dois bancos de dados nacionais e compara a relação da carga de compressão do pilar com o custo da fundação rasa, constatando e exemplificando as melhores condições de economia. É constatado a importância do estudo de cada caso específico na execução de uma obra, onde o emprego de blocos mostra-se economicamente viável em cargas menores, representando também um custo superior ao da sapata se empregado em esforços solicitantes maiores.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Sapata Isolada; Blocos; Sondagem; Tipos de fundação.

## **ABSTRACT**

A foundation is a structural element generally built below ground level, since the ground has much lower resistance than the concrete column, it is necessary to design some other type of structural element with the function of transmitting the actions of the superstructure to the ground. The present work promotes a study on the theme "The influence of the column compression load on the cost of the block and the insulated base". The objective is to verify the best technical and economic feasibility in relation to the insulated foundation and the block, comparing the performance and cost-effectiveness of such shallow foundations. Initially, a review of the literature related to foundations was carried out, with emphasis on superficial block foundations and insulated footing. Subsequently, a theoretical study of soil investigation techniques and allowable stresses was based in order to design examples of insulated shoe and block for loads of 250 KN, 500 KN and 750 KN. The study achieves the main objective with the budget through two national databases and compares the relation of the compression load of the column with the cost of the shallow foundation, verifying and exemplifying the best economic conditions. It is noted the importance of studying each specific case in the execution of a work, where the use of blocks proves to be economically viable in smaller loads, also representing a higher cost than the shoe if used in larger solicitation efforts.

### **KEYWORDS:**

Insulated Shoe; Blocks; Drilling; Foundation Types.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sapata Isolada .....	19
Figura 2 - Fundação Superficial .....	20
Figura 3 - Armadura da sapata .....	21
Figura 4 - Esquema de uma sapata esperando a concretagem.....	21
Figura 5 - Sapatas individuais conectadas por uma vigas. ....	22
Figura 6 - Sapatas individuais aguardando concretagem do pilar da sapata. ....	22
Figura 7 - Fundação rasa: Bloco.....	27
Figura 8 - (a) Bloco Tronco – Cônico (b) Bloco Escalonado.....	27
Figura 9 - Esboço de um bloco de fundação .....	28
Figura 10 - Locação das formas .....	29
Figura 11 - Esquema de bloco de fundação.....	29
Figura 12 - Bloco de fundação pronto .....	29
Figura 13 - Abaco .....	31
Figura 14 - Ensaio de Sondagem.....	33
Figura 15 - Tipos de Trado.....	35
Figura 16 - Execução do ensaio de sondagem: (a) Queda do martelo (b) Amostragem do solo .....	36
Figura 17 - Profundidade, Locação e Número de Sondagens .....	36
Figura 18 - Amostrador de Solo com Pedal e Balança.....	37
Figura 19 - Sapata de concreto Armado embutido no solo .....	38
Figura 20 - Ruptura sob uma sapata corrida.....	39
Figura 21 - Modos de ruptura: (a) Ruptura geral, (b) Ruptura por punção e (c) Ruptura local .....	40
Figura 22 - Localização dos Furos no Terreno.....	44
Figura 23 - Execução do Ensaio de Sondagem .....	45
Figura 24 - Exemplos das amostras realizadas SP-001 .....	46
Figura 25 - Exemplos das amostras realizadas SP-001 .....	46
Figura 26 - Laudo de sondagem SP-002 .....	47
Figura 27 - Laudo de sondagem SP-001 .....	48
Figura 28 - Comparativo de custos entre sapata e bloco utilizando a tabela de orçamento SIMAP – 2021 .....	64

Figura 29 - Comparativo de custos entre sapata e bloco utilizando a tabela de orçamento

TCPO – 2021 ..... 64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comprimento de Ancoragem .....	24
Tabela 2 - Número de barras .....	26
Tabela 3 - Coeficiente de segurança de Caputo (1978).....	41
Tabela 5 - Valores do Coeficiente k de Milton Vargas (1960) .....	42
Tabela 6 - Resultados dos métodos Semiempíricos .....	51
Tabela 7 - Resultados do Dimensionamento geométrico das Sapatas isoladas.....	52
Tabela 8 - Dimensionamento da armadura.....	52
Tabela 9 - Detalhamento da armadura.....	53
Tabela 10 - Detalhamento sapatas isoladas .....	54
Tabela 11 - Resultados do Dimensionamento dos Blocos. ....	55
Tabela 12 - Detalhamento dos Blocos .....	55
Tabela 13 - Análise de Preços das Sapatas Isoladas.....	57
Tabela 14 - Análise de Preços dos Blocos.....	57
Tabela 15 - Orçamento das sapatas, S – 01 utilizando a tabela SIMAP .....	58
Tabela 16 - Orçamento das sapatas, S – 02 utilizando a tabela SIMAP .....	58
Tabela 17 - Orçamento das sapatas, S – 03 utilizando a tabela SIMAP .....	59
Tabela 18 - Orçamento das sapatas, S – 01 utilizando a tabela TCPO .....	59
Tabela 18 - Orçamento das sapatas, S – 01 utilizando a tabela TCPO .....	60
Tabela 19 - Orçamento das sapatas, S – 02 utilizando a tabela TCPO .....	60
Tabela 20 - Orçamento das sapatas, S – 03 utilizando a tabela TCPO .....	60
Tabela 20 - Orçamento das sapatas, S – 03 utilizando a tabela TCPO .....	61
Tabela 21 - Orçamento dos blocos, B – 01 utilizando a tabela SIMAP .....	61
Tabela 22 - Orçamento dos blocos, B – 02 utilizando a tabela SIMAP .....	61
Tabela 23 - Orçamento dos blocos, B – 03 utilizando a tabela SIMAP .....	62
Tabela 24 - Orçamento dos blocos, B – 01 utilizando a tabela TCPO .....	62
Tabela 25 - Orçamento dos blocos, B – 02 utilizando a tabela TCPO .....	63
Tabela 26 - Orçamento dos blocos, B – 03 utilizando a tabela TCPO .....	63

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

A	Área necessária (m <sup>2</sup> );
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
B e L	Largura e comprimento da Sapata retangular
C	Coesão do solo
CA	Circulação de água
CM	Unidade de medida
FCK	Resistência Característica do Concreto à Compressão
H	Profundidade da face inferior da sapata
KBERB	Coefficiente de influência do solo na capacidade de carga.
KG	Unidade de Quilo
KN	Kilo Newton
LB	Comprimento da ancoragem
M	Unidade de medida
MPA	Mega Pascal
N	Índice de resistência do solo para fins de projeto
N72	SPT brasileiro médio, dentro da zona de plastificação.
NBR	Norma Brasileira
Nk	Carga do pilar
NSPT	Índices de resistência à penetração
P	Solicitação de projeto (kN)
PP	Peso próprio
PH	Potencial Hidrogeniônico
SPT	Sondagens de simples reconhecimento à percussão
TM	Trado mecânico
TRD	Força concentrada pilar
TSD	Tensão de cisalhamento
$\gamma$	Massa específica aparente do solo
$\sigma_a$	Tensão admissível do solo (kN/m <sup>2</sup> );

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
1.3 METODOLOGIA .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>17</b>
2.1 TIPOS DE FUNDAÇÃO .....	17
<b>2.1.1 Sapata Isolada.....</b>	<b>18</b>
2.1.1.1 Dimensionamento geométrico da sapata isolada.....	22
2.1.1.2 Dimensionamento da armadura da sapata isolada.....	24
<b>2.1.2 Bloco .....</b>	<b>27</b>
2.1.2.1 Dimensionamento geométrico do Bloco .....	30
2.2 SONDAGEM.....	31
<b>2.2.1 Sondagem SP.....</b>	<b>31</b>
2.3 CAPACIDADE DE CARGA.....	37
2.4 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO .....	41
<b>3 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>44</b>
3.1 MATERIAIS.....	44
<b>4 ORÇAMENTO.....</b>	<b>49</b>
4.1 INSUMOS ORÇADOS.....	49
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
5.1 DIMENSIONAMENTO .....	51
5.2 DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS E BLOCOS .....	51
<b>6 ORÇAMENTO.....</b>	<b>57</b>
<b>7 CONCLUSÃO.....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO A - LAUDO DE SONDAÇÃO SPT 002.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO B - LAUDO DE SONDAÇÃO SPT 001.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO C – K DE BERBERIAN .....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE A - CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA .....</b>	<b>74</b>

<b>APÊNDICE B – CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO GEOMETRICO DA SAPATA ISOLADA S-01 .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE C - CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DAS TENSÕES DA SAPATA ISOLADA S-01 .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE D - CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA SAPATA ISOLADA S-01 .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE E – DETALHAMENTO DA SAPATA ISOLADA 01.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE F – DETALHAMENTO DA SAPATA ISOLADA 02.....</b>	<b>84</b>
<b>APÊNDICE G - DETALHAMENTO DA SAPATA ISOLADA 03.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE H - CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DOS BLOCOS.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE I - DETALHAMENTO DO BLOCO 01 .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE J - DETALHAMENTO DO BLOCO 02.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE K - DETALHAMENTO DO BLOCO 03 .....</b>	<b>90</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A fundação tem sua importância dada por ser um elemento de transição entre as cargas provenientes da edificação e o terreno. As infraestruturas não estão livres de ruptura, que podem ocorrer caso o elemento de fundação não suporte o carregamento necessário ou o solo não apresente a resistência suficiente. Quando não atendido os critérios admissíveis, as fundações podem sofrer com recalques excessivos, trincas ou colapso da estrutura, que seriam evitados com projetos e execução feitos por profissionais bem preparados, a partir de um confiável estudo geotécnico.

Segundo Bastos (2019) uma fundação é um elemento estrutural geralmente construído abaixo do nível do terreno, em vista que o solo tem resistência muito inferior ao concreto do pilar, é necessário projetar algum outro tipo de elemento estrutural, com a função de transmitir as ações da superestrutura ao solo.

A fundação de uma obra não representa o componente mais oneroso da construção, seu custo é estimado entre 3% e 7% do custo total do imóvel (JOPPERT JR, 2007). Além disso, os erros conceituais de projeto e na execução são comuns na prática de Engenharia de Fundações, inviabilizando consideravelmente a obra no que diz respeito à recuperação estrutural das fundações. A garantia de qualidade de um projeto de fundação é dada a partir de um estudo geotécnico, geralmente constituído de uma sondagem, seu custo normalmente varia entre 0,2% e 0,5% do valor total de obras convencionais (SCHNAID & ODEBRECHT, 2012).

A NBR 6122 (ABNT, 2019) conceitua as fundações em superficiais e profundas, onde as fundações superficiais são aquelas cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, transformando a carga aplicada pelo pilar em tensões distribuídas na base da fundação.

São exemplos de fundações rasas: sapata isolada, sapata associada, sapata corrida, bloco e radier. Dentre as fundações rasas são abordadas nesse trabalho: a sapata isolada e o bloco. Ambos têm como funcionalidade resistir aos esforços de tração e compressão, entretanto a principal diferença entre eles está na forma como resistem a tais esforços. O bloco é dimensionado a fim de resistir a ambos os esforços através do concreto, onde não há necessidade de armadura, por isso possuem um maior consumo de concreto. Enquanto, a sapata resiste aos esforços de compressão, através do concreto e aos esforços de tração através do aço, apresentando armadura no seu interior.

Foi proposto uma comparação entre blocos e sapatas isoladas e a análise de seu custo benefício a partir do emprego de cargas verticais distintas, a fim de auxiliar profissionais de engenharia na escolha adequada de uma fundação superficial.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O trabalho de um projetista de fundação requer uma análise detalhada das características do empreendimento, das condições do solo, dos recursos disponíveis, entre outros fatores, antes de adotar determinado alicerce. Quando possível, opta-se por fundações superficiais, devido ao seu baixo custo e simples execução, contudo dentre as fundações rasas ainda pode-se surgir questionamentos acerca de qual elemento mais adequado.

Veloso e Lopes (2011) descreve sapata como elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas por armadura e blocos, como elemento de fundação de concreto simples, dimensionado de maneira que as tensões de tração nele resultantes possam ser resistidas pelo concreto, sem necessidade de armadura. Os autores também afirmam que os blocos são mais econômicos que as sapatas para cargas reduzidas, quando o maior consumo de concreto é pequeno e justifica a eliminação da armação.

A clara distinção entre blocos e sapatas é o emprego ou não das barras de aço, contudo suas características ainda se distinguem quanto ao concreto a ser utilizado, no caso das sapatas isoladas recomenda-se o uso de concreto estrutural com  $f_{ck}$  (Resistência Característica do Concreto à Compressão) acima de 25 MPa. Entretanto, para blocos não há essas necessidades, sendo permitido o uso do concreto com apenas 6 MPa (BERBERIAM, 2015).

Este trabalho apresenta o comparativo das fundações rasas sapata isoladas e blocos, analisando seu desempenho e custo para cargas verticais distintas no intuito de contribuir de forma positiva no trabalho dos profissionais de engenharia, auxiliando na escolha adequada de um alicerce.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral



O presente trabalho tem como objetivo verificar a melhor viabilidade técnica e econômica em relação à sapata isolada e ao bloco, comparando o desempenho e o custo benefício de tais fundações rasas, quando lhes são empregadas cargas verticais distintas.

### 1.2.2 Objetivos específicos

A fim de atingir o objetivo geral proposto, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica acerca do dimensionamento de sapatas isoladas e blocos;
- Projetar sapatas isoladas e blocos para as cargas de pilares 250 kN, 500 kN e 750 kN
- Comparar as soluções de fundação rasa quanto à viabilidade econômica para diferentes cargas de pilares.

### 1.3 METODOLOGIA

A análise da viabilidade econômica das fundações rasas: bloco e sapata isolada foi realizada a partir do dimensionamento, detalhamento e orçamento dessas soluções de fundação.

O trabalho inicia-se com a revisão da literatura relacionada a fundações. com ênfase nas fundações superficiais bloco e sapata isolada, seguida de um estudo teórico das técnicas de investigações do solo e tensões admissíveis.

O estudo do solo ocorre a partir de um laudo de sondagem a percussão (SPT) no município de Senador Canedo, Goiás. A análise da tensão admissível do solo é realizada por uma média, considerando o estado da arte de 30%, pelo os métodos: Victor de Mello (1975), Albiero e Cintra (1996), Milton de Vargas (1960), e Berberian (2016). O estudo da arte consiste na média aritmética dos resultados obtidos por cada método, onde serão contados valores que estiveram nos intervalos superiores e inferiores do valor médio obtido.

Posteriormente, foram dimensionados exemplos de sapata isolada e bloco para as cargas de 250 kN, 500 kN e 750 kN. As sapatas isoladas foram consideradas rígidas e calculadas através do Método das Bielas, baseado nos estudos de Blévoit (1967). Analisou-se os diagramas de tensão sob os blocos e sapatas forma similar.

Finalmente os exemplos citados a cima foram orçados e contrastados, tendo-se então o comparativo dos custos dos alicerces propostos para cada carga definida, alisando seu desempenho e preço em relação a carga vertical transmitida pelo pilar.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo são abordados os principais conceitos acerca da temática deste trabalho, tais como, a definição de fundação, tipos de fundação: conceitos e diferenças. O estudo será aprofundado sobre blocos e sapatas isoladas, abordando suas características e métodos construtivos e dimensionamento.

Para o dimensionamento das sapatas isoladas e bloco desse trabalho não será utilizando um projeto estrutural para a resolução e sim adotado valores fixos de cargas e seção transversal de pilar. Irá ser adotada uma seção típica do pilar 20 x 30 cm baseado nas recomendações da NBR 6118 (ABNT, 2014), que exige que a dimensão mínima do pilar seja de 19 cm. Foram escolhidas três cargas de pilares distintas baseadas na recomendação de Bellina e Morais (1976), onde para os blocos de concreto simples devem ser evitados carregamentos superiores a 50 toneladas. Sendo assim, optou-se pelas cargas de pilares iguais a 250 KN, 500 KN e 750 KN. As sapatas isoladas foram consideradas rígidas e calculadas através do Método das Bielas, baseado nos estudos de Blévo (1967).

### 2.1 TIPOS DE FUNDAÇÃO

A execução de uma obra começa pela fundação, que são elementos estruturais constituídos abaixo do nível do terreno. A NBR 6122 (ABNT, 2019) normatiza mais de 16 tipos de fundação e as classifica entre fundações profundas e superficiais. A distinção entre estes dois tipos é feita segundo o critério (arbitrário) de que uma fundação profunda e superficial é aquela cujo mecanismo de ruptura de base não atinge a superfície do terreno (VELOSO & LOPES, 2009).

Ainda de acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019) as fundações profundas são elementos de fundação que transmitem a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas. Sua ponta ou base são apoiadas em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m, quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. São exemplos desse tipo de fundação as estacas e os tubulões.

As fundações indiretas são constituídas de madeira, metal ou concreto, podem ser executadas moldadas in loco, como as estacas Franki, Strauss e Raiz ou pré-moldadas, como as estacas pré-moldadas de concreto armado, concreto protendido ou metálicas. Também sendo classificadas de acordo com o deslocamento em: cravadas e escavadas.

Usualmente, o custo de um elemento de fundação profunda é definido por metro linear, o que aumenta seu custo construtivo devido a sua capacidade de atingir grandes profundidades. Outra condicionante para seu elevado custo é método executivo, que em grande parte dos casos necessita de mão de obra especializada, maquinário específico e grande quantidade de matérias.

Sobre fundações superficiais, a NBR 6122 (ABNT, 2019) as classifica como aquelas cuja base está assentada em profundidade inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação, caso esta não seja constante em todo o perímetro da fundação. Tendo como exemplos sapatas isoladas, sapatas corridas, sapatas associadas, blocos, radier e vigas de fundação.

Segundo Alves e Resende (2017) o comparativo entre Estaca Escavada e Sapata Isolada apresenta a sapata isolada como mais economicamente viável, por necessitar de menos que 40% do custo de materiais das estacas. Tal diferença é expressa pelo fato das fundações superficiais não exigirem maquinários complexos, além do consumo de concreto para a execução das peças serem moderado, tendo-se então um excelente viés econômico. As vantagens das fundações superficiais também estão presentes no seu menor tempo de execução e no fato de não provocarem ruídos excessivos e vibrações, que podem comprometer as estruturas vizinhas.

### **2.1.1 Sapata Isolada**

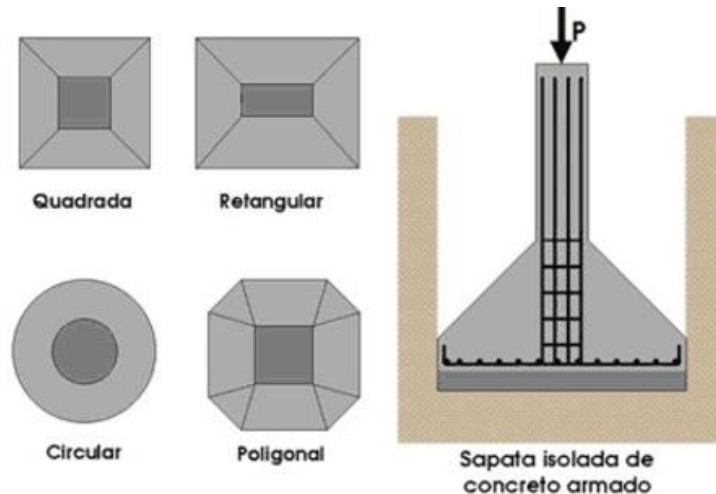
De acordo com Bastos (2016), de todos os elementos de fundação rasa, a sapata é a mais empregada, devido a grande variabilidade existente na configuração e na forma que os elementos estruturais apoiam nela. A sapata isolada é um elemento de fundação superficial de concreto armado, dimensionada de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas por armadura especialmente disposta para este fim, e por isso possuem menor altura que os blocos (VELOSO & LOPES, 2011). A geométrica da base da sapata isolada acompanha a forma do pilar que ela apoia, como mostra a Figura 01.

Segundo Veloso e Lopes (2011), em fundações superficiais isoladas normalmente adota-se a altura variável, pois proporciona uma economia considerável de concreto nas sapatas maiores. Tais fundações podem ser utilizadas além de edificações tradicionais, como também em torres e equipamentos industriais.

Delalibera (2006) ressalta que a sapata isolada tem como característica principal resistirem aos esforços de um único pilar, onde o centro de gravidade do pilar coincide com o centroide da sapata isolada, independente da forma do pilar. Esse alicerce é dimensionado para conduzir momentos aproximadamente iguais nas duas abas, em relação à mesa da sapata, tendo

assim maior economia, pois esta consegue sustentar ações centradas ou excêntricas e é a mais utilizada.

Figura 1 - Sapata Isolada



Fonte: Schneider Nelso, Bulbo de Tensões: O guia completo, 2018.

Em relação ao comportamento estrutural das sapatas isoladas, a NBR 6118 (ABNT, 2014) as classifica como rígidas ou flexíveis. As sapatas flexíveis, embora de uso mais raro, são empregadas para cargas pequenas e solos relativamente fracos, satisfazendo a condição da Equação 1.

$$h \geq \frac{(a - a_p)}{3} \quad (1)$$

onde:

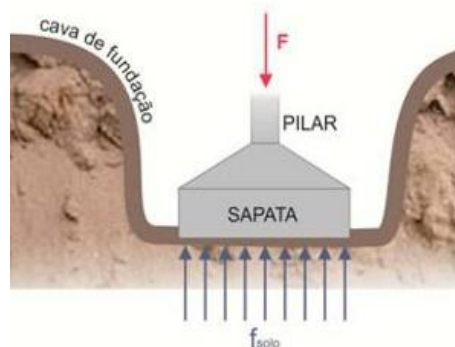
$h$  é a altura da sapata;

$a$  é a dimensão da sapata em uma determinada direção;

$a_p$  é a dimensão do pilar na mesma direção da sapata.

O comportamento estrutural da sapata isolada pode ser representado como tendo volumes de concreto em balanço que se projetam da seção transversal do pilar em ambas as direções, e submetidos à pressão do solo de baixo para cima. Assim, a sapata pode ser comparada a uma laje lisa invertida, em balanço ao redor do pilar, onde se apoia diretamente, e submetida aos esforços solicitantes internos de momento fletor e força cortante (BASTOS, 2019). Tal comportamento é exemplificado pela Figura 2.

Figura 2 - Fundação Superficial



Fonte: Tipos de fundações de edifícios, 2005.

Segundo Alonso (1991), a execução de fundações superficiais deve ser feita com atenção, a fim de evitar irregularidades, como fundo da escavação úmido e desnivelado. Devem ser tomados alguns cuidados, como no caso de a escavação atingir o lençol freático e este comece a eclodir, deve-se parar imediatamente a execução e controlar o fluxo de água, tal controle pode ser feito através de sistema de rebaixamento do lençol d'água ou por meio de drenagem a céu aberto, em casos de solo com baixa permeabilidade.

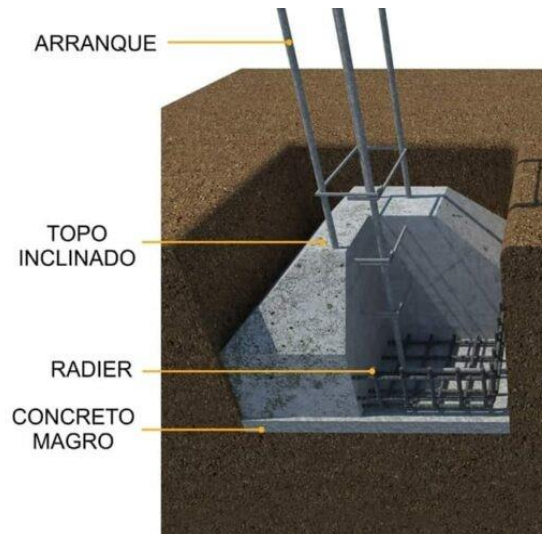
O método de execução de uma fundação superficial consiste em após a abertura no solo, o fundo da vala deve receber uma camada de concreto magro de pelo menos 5 cm de espessura. Caracteriza-se como concreto magro, aquele formado por uma pequena quantidade de cimento e água e grande quantidade de agregados. Tal concreto é responsável por nivelar o fundo da escavação e evitar que a armadura seja prejudicada pela umidade e ph (potencial hidrogeniônico) ácido do solo.

Outra opção é forrar as valas com lonas plásticas específicas ou com uma camada de brita, neste caso o solo deve estar bem compactado e as britas necessitam estar levemente umedecidas e compactadas antes que a concretagem seja feita.

Antes da concretagem é fixado na armação da sapata colunas de aço, como mostra a Figura 3, comumente chamados de arranques. Essas barras ficam expostas na vertical e auxilia na fixação das colunas e pilares, esta armação tem que ser posicionada de forma perpendicular e bem no centro do alicerce escolhido.

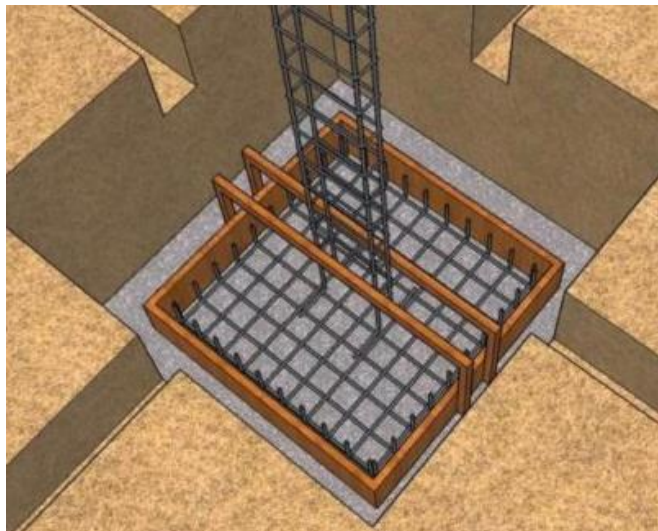
No caso das sapatas é preciso posicionar na fenda o restante das armações de aço e para que a estrutura não se mova durante a concretagem é indicado utilizar espaçadores laterais, fixando, assim, a armação no local adequado. Então, finalmente é realizada a concretagem, conforme a Figura 4.

Figura 3 - Armadura da sapata



Fonte: Lucas Retondo, Tipos de Fundações: Sapata Isolada (2021)

Figura 4 - Esquema de uma sapata esperando a concretagem



Fonte: Total construções (2021)

Normalmente as fundações não ficam isoladas, elas são conectadas por vigas como mostra a Figura 5, podendo ser viga baldrame ou vigas de ligação/travamento. Tais elementos de concreto são dispostos no mesmo nível que a fundação e auxiliam respectivamente na distribuição de cargas e no travamento lateral.

Figura 5 - Sapatas individuais conectadas por uma vigas.



Fonte: Under stand Construction (2021)

Após o tempo de cura do concreto, a fundação superficial estará pronta para receber uma análise visual, com a finalidade de verificar a presença de alguma imperfeição que comprometa o alicerce a suportar o peso da edificação como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Sapatas individuais aguardando concretagem do pilar da sapata.



Fonte: Pereira, Caio. Sapatas de Fundação, 2016

#### 2.1.1.1 Dimensionamento geométrico da sapata isolada

De acordo com a NBR 6122 (ABNT, 2019) na superfície correspondente à base da sapata atua a máxima tensão de tração, que supera a resistência do concreto à tração, de forma que se torna necessário dispor uma armadura resistente, geralmente na forma de malha.



Em planta, as bases das sapatas podem tomar as formas mais diversas, desde retângulos, círculos, quadrados e até polígonos irregulares. Sempre que possível o formato da base da sapata acompanha a forma da seção transversal do pilar, isso visando que os balanços das sapatas tenham o mesmo valor das duas direções (ALONSO, 2010).

Considerando que o pilar adotado tem formato retangular, a da sapata também será retangular adotando a Equação 2 para o cálculo da área da sapata e posteriormente para o cálculo da área do bloco também, nesta equação é necessário somar a carga do pilar (P) com o peso próprio (pp) dividindo pela tensão admissível do solo ( $\sigma$ ).

$$A = \frac{P + pp}{\sigma} \quad (2)$$

Após descobrir a área da sapata é realizado um sistema para descobrir as dimensões dos lados da mesma, sendo (A) o lado maior e (B) o lado menor. O cálculo das dimensões da sapata levam em consideração as características do pilar, sendo ( $a_0$ ) o lado maior e ( $b_0$ ) o lado menor. Portanto, assim que substituído o valor da área da sapata e os lados dos pilares, tem-se o sistema expresso na Equação 3, essa se torna uma única equação de 2º grau que será resolvida por meio de Baskara.

$$\begin{cases} A - a_0 = B - b_0 \\ Area = A \times B \end{cases} \quad (3)$$

Velloso e Lopes (2010) afirma que as sapatas podem ter altura constante ou variável. A adoção de altura variável proporciona uma economia considerável de concreto nas sapatas maiores. Na prática de projeto de fundação, considera-se que a distância entre o eixo da armação e o fundo da sapata é de 5 cm, portanto a altura para as sapatas é dada pela Equação 4.

$$H = \frac{a - a_0}{3} \quad (4)$$

Altura do rodapé é fornecida pela Equação 5, onde a sua dimensão mínima deverá ser de 15 cm.

$$H_0 = \frac{h}{3} \quad (5)$$

### 2.1.1.2 Dimensionamento da armadura da sapata isolada

O dimensionamento da armadura da sapata isolada, como anteriormente descrito não será utilizado um projeto estrutural para a resolução e sim adotado características fixas do pilar. Será considerado um pilarete contendo 4 barras de diâmetro de 10mm.

O comprimento de ancoragem ( $L_b$ ) representa quanto do pilarete é engastado dentro da sapata, seu valor é expresso pela Equação 6 em seu cálculo é considerada a altura da sapata (H), o cobrimento e uma fração dividindo a bitola adotada por 2. O cobrimento, distância entre a armadura e a face externa da sapata, visando garantir a durabilidade do elemento estrutural foi adotado o cobrimento de 0,05m.

$$L_b = H - \text{cobrimento} - \frac{\phi_{long}}{2} \quad (6)$$

A fim de segurança é realizada a verificação da altura da sapata correlacionando o comprimento de ancoragem tabelado com o comprimento de ancoragem calculado. Se a relação cobrimento calculado maior ou igual ao cobrimento tabelado é necessário adotar algumas soluções como aumento da altura da sapata, como consta na tabela 1.

Tabela 1 - Comprimento de Ancoragem

FcK (Mpa)	Lb c/ gancho
15	37 $\phi_{long}$
20	31 $\phi_{long}$
25	26 $\phi_{long}$
30	23 $\phi_{long}$
35	21 $\phi_{long}$
40	19 $\phi_{long}$
45	18 $\phi_{long}$

Fonte: capacidade de carga em fundação rasa

Outra verificação necessária é a relação entre a tensão de cisalhamento solicitado e a tensão de cisalhamento resistida. A resistência ao cisalhamento deve ser maior ou igual a tensão resistida. O cálculo da tensão cisalhante ( $Tsd$ ) correlaciona a carga concentrada proveniente do

pilar ( $Nk$ ), com o perímetro do pilar ( $\mu$ ) e o comprimento de ancoragem como demonstrado na Equação 7.

$$Tsd = \frac{Nk}{\mu \times Lb} \quad (7)$$

A resistência ao cisalhamento é expressa pela Equação 8, considera o  $fck$  empregado. No presente trabalho será adotado o valor fixo  $fck$  15 MPa para todos os exemplos dimensionados.

$$Trd = 0,27 \times \left(1 - \frac{FCK}{250}\right) \times \frac{FCK}{1,14} \quad (8)$$

Objetivando a aplicação do método das bielas é necessário verificar a rigidez da sapata, tal verificação é dada pela Equação 9, onde é considerada a relação do menor lado da sapata e do pilar com o comprimento de ancoragem. Caso o valor encontrado esteja entre os limites de 0,5 a 1,15, é comprovada a rigidez. Se tal condição não for satisfeita recomenda-se aumento das dimensões da sapata.

$$Lb \geq \frac{B - b_0}{4} \quad (9)$$

O cálculo do esforço de tração é dado pela Equação 10 e 11 onde o esforço a tração ( $\tau x$ ) é dado em kn, a força aplicada pelo pilar ( $Nk$ ) é majorada. É necessário repetir a equação para ambos os lados da sapata como demonstrado na Equação 10 e 11. Para o cálculo da área de aço utiliza-se o maior valor encontrado.

$$Tx(\text{lado maior}) = \frac{1,1 nk}{8} \times \frac{A - a_0}{Lb} \quad (10)$$

$$Tx(\text{lado menor}) = \frac{1,1 nk}{8} \times \frac{B - b_0}{Lb} \quad (11)$$

A da área de aço é calculada pela Equação 12 onde a tração do aço ( $\tau x$ ) é dividida pela resistência característica do aço ( $fyK$ ). Nos cálculos foi adotado o aço CA-50 onde na formula é utilizado o valor de 500. O resultado é dado em  $cm^2$ .

$$As, \times = \frac{Tx}{fyK} \times 1,61 \times 10 \quad (12)$$

O número de Barras é medido através da divisão da área de aço calculada pela área de aço tabelada na Tabela 2. Como demonstrado na Equação 13.

$$n^{\circ} \text{ barras} = \frac{As, x}{As \text{ unitária}} \quad (13)$$

Tabela 2 - Número de barras

BITOLA		TIPO	ÁREA DE AÇO
mm	Pol.	-	CM <sup>2</sup>
4.2		CA-60	0,14
5.0	3/16"	CA-60	0,196
6.3	1/4"	CA-50	0,31
8.0	5/16"	CA-50	0,5
10.0	3/8"	CA-50	0,785
12.5	1/2"	CA-50	1,22
16.0	5/8"	CA-50	2,01
20.0	3/4"	CA-50	3,14
25.0	1"	CA-50	4,91
32.0	1 1/4"	CA-50	8,04

Fonte: capacidade de carga em fundação rasa

Espaçamento entre as barras é expresso pelas Equações 14 e 15, considerando as dimensões da sapata, o cobrimento e o número de barras. Seu cálculo deve ser realizado para os dois lados da sapata, o valor final deve estar entre 10 e 20 centímetros. Caso o valor encontrado não estiver dentro de tal intervalo é necessário recalculá-lo através das equações 22 e 23, após tal averiguação de segurança deve-se repetir os cálculos de número de barras e espaçamento.

$$Esp(\text{lado maior}) = \frac{A - (cob \times 2)}{n^{\circ} \text{ barras} - 1} \quad (14)$$

$$Esp(\text{lado menor}) = \frac{B - (cob \times 2)}{n^{\circ} \text{ barras} - 1} \quad (15)$$

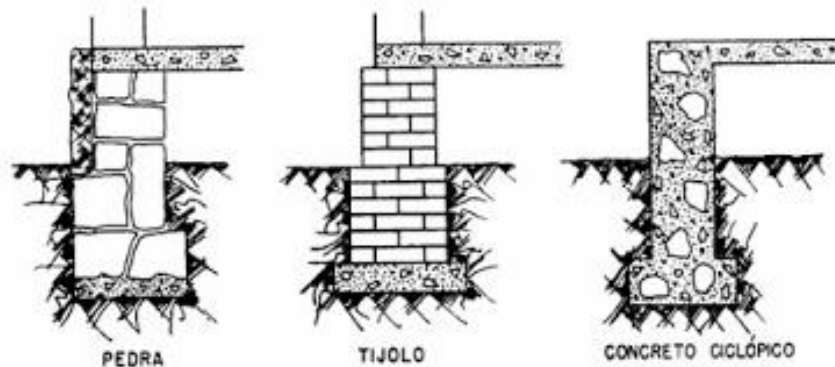
$$As_{min}(\text{lado maior}) = \frac{0,15}{100} \times A \times H \quad (16)$$

$$As_{min}(\text{lado menor}) = \frac{0,15}{100} \times B \times H \quad (17)$$

### 2.1.2 Bloco

A NBR 6122 (ABNT, 2019) define bloco como elemento de fundação rasa de concreto, alvenaria ou pedras, como exemplificado na Figura 7. Dimensionado de modo que as tensões de tração nele resultantes sejam resistidas pelo material, sem necessidade de armadura.

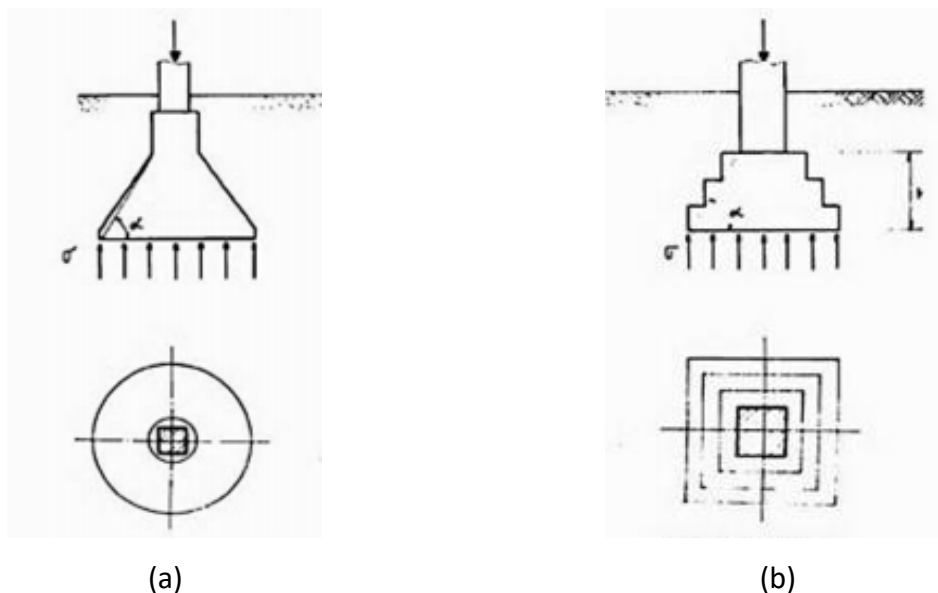
Figura 7 - Fundação rasa: Bloco



Fonte: Construção civil tips (2012)

Normalmente assume uma geometria de bloco escalonado, pedestal ou tronco de cone, como demonstrado na Figura 8. Sua altura é calculada de tal forma que as tensões de tração atuantes no posam ser absorvidas pelo mesmo, sem a necessidade de armar o piso da base além de possibilitar a ancoragem das armaduras do pilar (TEIXEIRA; GODOY, 1998).

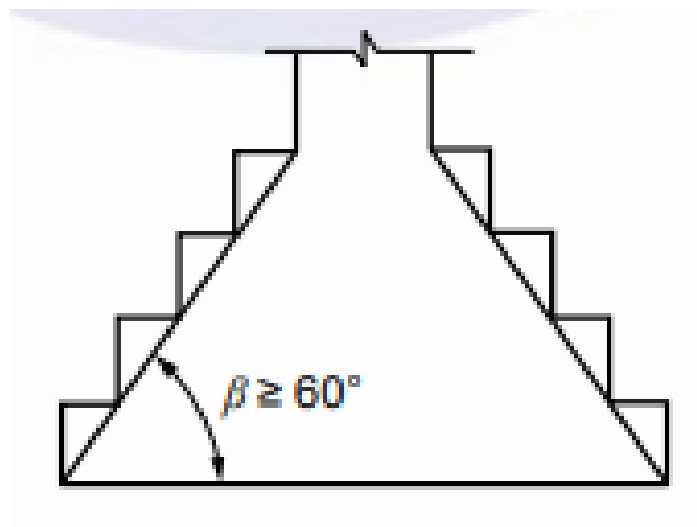
Figura 8 - (a) Bloco Tronco – Cônico (b) Bloco Escalonado



Fonte: Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas (1998)

Em planta, os blocos assim como as sapatas isoladas não podem ter dimensões inferiores a 60 cm e sua profundidade não deve ser inferior a 1,5m exceto em casos de obras cuja as sapatas ou blocos tenham dimensões inferiores a 1,0 m, então a profundidade mínima pode ser reduzida. Os blocos de fundação devem ser dimensionados de tal maneira que o ângulo  $\beta$ , mostrado na Figura 9, seja maior ou igual a  $60^\circ$  segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019).

Figura 9 - Esboço de um bloco de fundação



Fonte: Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas (1998)

O método de execução de um bloco consiste primeiramente em fazer uma abertura no terreno de acordo com as cotas estabelecidas pelo projetista. Em seguida o solo é compactado cujo processo deve ser feito de forma rigorosa, afim de evitar algum inconveniente na concretagem. A base do furo deve ser revestida por um concreto magro, com espessura mínima de 5 cm. Depois de marcar onde será posto o pilar e fixado as colunas de aço é feito a locação das formas, como mostra a Figura 10, no intuito de começar a concretagem.

Os blocos são executados normalmente em concreto ciclópico, ou seja, é introduzido ao concreto convencional pedras de mão ou pedra marroada, como mostra a Figura 11 a granulometria desta rocha bruta é variada, mas geralmente se usa as acima de 10 cm. Costuma ser ligadas por vigas baldrames que ajudam na dispersão das cargas ao solo.

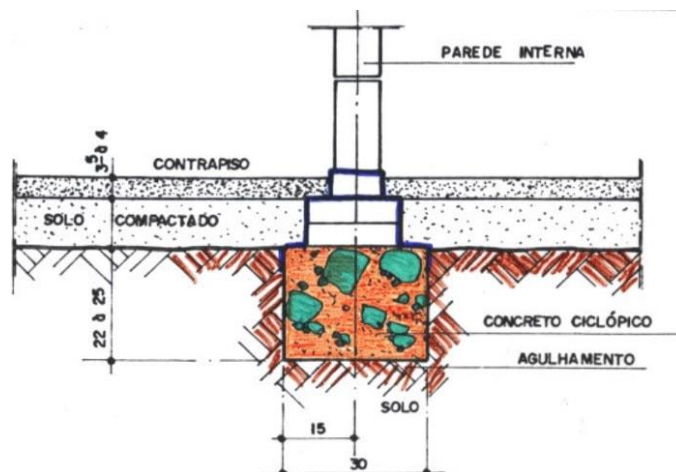
Após a concretagem é aguardado o tempo de cura do concreto, então a forma é retirada, como mostra a Figura 12 e verificado se os blocos estão aptos a receber as cargas da edificação.

Figura 10 - Locação das formas



Fonte: Grupo Alps 2020

Figura 11 - Esquema de bloco de fundação



Fonte: Pereira, Caio. O que é bloco de fundação, 2017.

Figura 12 - Bloco de fundação pronto



Fonte: Directiva Eng. (2021)

### 2.1.2.1 Dimensionamento geométrico do Bloco

O dimensionamento estrutural dos blocos é feito de tal maneira que dispensem armação (horizontal) para flexão. Dessa forma, as tensões de tração, que são máximas na base, devem ser inferiores à resistência à tração do concreto. Assim, a segurança ao cisalhamento estará atendida (VELLOSO; LOPES, 2010).

Ainda de acordo com Velloso e Lopes (2010) não há qualquer impedimento ao uso de blocos em decorrência dos valores das cargas. Contudo, para cargas elevadas, as alturas dos blocos podem obrigar a escavações profundas, às vezes atingindo o nível d'água, ou conduzir volumes de concreto que os colocam em desvantagem quando comparados às sapatas isoladas.

Segundo Bellina e Morais (1976) os blocos de concreto simples devem ser evitados para carregamentos superiores a 50 toneladas e para solos cujas taxas admissíveis não sejam inferiores a 2kgf/cm<sup>2</sup>.

O cálculo do dimensionamento bloco será realizado de acordo com a literatura de Alonso (1993), o cálculo da área segue um procedimento idêntico ao da sapata isolada apresentado na Equação 3.

Para calcular a tensão admissível de tração do concreto ( $\sigma_t$ ) o valor empírico na Equação X gira em torno da resistência característica do concreto à compressão ( $f_{cK}$ ) dividido por 25. Onde o  $f_{cK}$  adotado deve ser no mínimo de 15 Mpa de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

$$\sigma_t = \frac{f_{cK}}{25} \quad (18)$$

Com o resultado da Equação 18, é possível aplicar o ábaco da Figura 13, onde a equação 25, expressa a tensão admissível do solo ( $\sigma$ ) tração admissível do concreto ( $\sigma_t$ ) dividida pela tração admissível do concreto ( $\sigma_t$ ) representa o eixo x. Através do eixo y do ábaco obtém-se o ângulo  $\alpha$  que representa a inclinação do bloco.

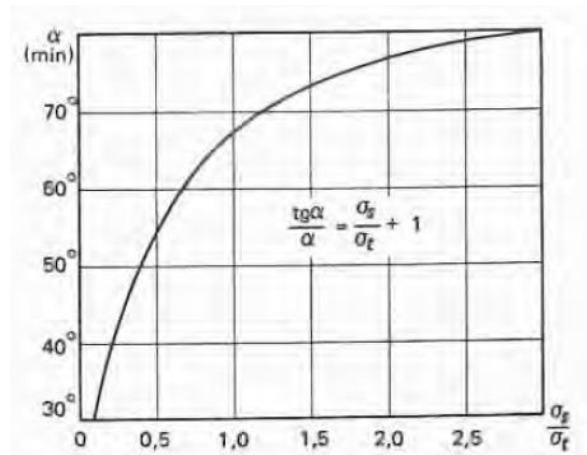
$$\frac{\sigma}{\sigma_t} \quad (19)$$

Altura do bloco (H) é dada pela Equação 20, onde é considerado o maior valor da relação entre os lados do bloco e do pilar dividido por 2 e em seguida multiplicados pelos ângulo  $\alpha$  encontrado.



$$H \geq \begin{cases} \frac{A - a_0}{2} x \operatorname{tg} \alpha \\ \frac{B - b_0}{2} x \operatorname{tg} \alpha \end{cases} \quad (20)$$

Figura 13 - Abaco



Fonte: Exercícios de Fundação, Alonso.

## 2.2 SONDAGEM

A NBR 6122 (ABNT, 2019) afirma que, para fins de projeto e execução de fundações de qualquer edificação, deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída de no mínimo por sondagens a percussão. As investigações do solo ocorrem por meio de sondagens mistas e rotativas, sondagem a percussão com medida de torque, ensaio de cone, ensaio de palheta (vane test), ensaio pressiométrico entre outros. Tais investigações auxiliam no estudo das características reais do terreno, prevendo seu comportamento e sendo possível então a realização de projetos de fundações mais seguros e precisos.

### 2.2.1 Sondagem SP

Tschebotarioff (1962) divide os métodos de reconhecimento do solo em dois grupos principais. O levantamento da superfície do terreno inclui o estudo de mapas geológicos e fotografias aéreas, fornecendo uma ideia geral das prováveis condições do subsolo. O método de prospecção geofísica fornece valiosos dados acerca da profundidade em que se encontra a rocha. Todos os métodos de reconhecimento da superfície fornecem apenas indicações aproximadas das prováveis condições do solo, contudo proporcionam informações valiosas para o planejamento racional do reconhecimento do subsolo. Uma estrutura não deve ser

projetada sem dados adequados sobre a natureza do solo subjacente, tais dados apenas podem ser obtidos através do emprego de métodos apropriados de amostragem e ensaio do solo.

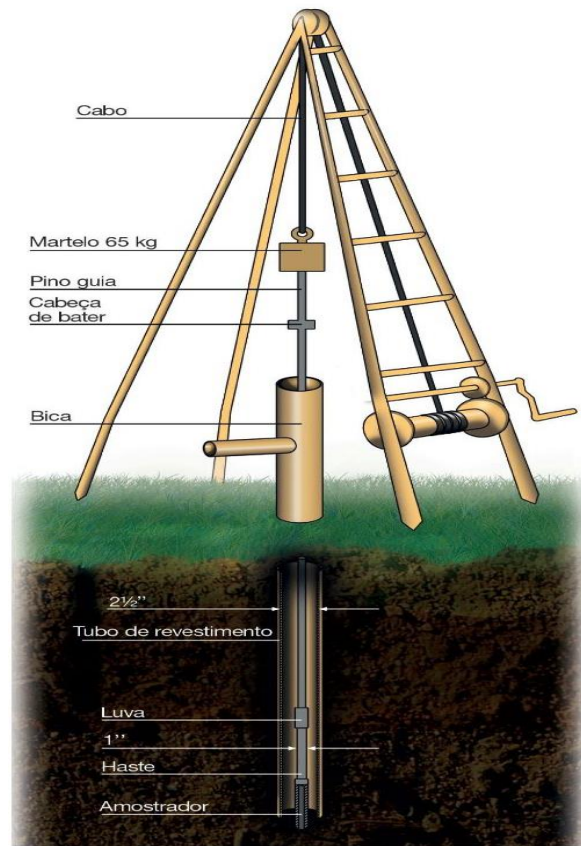
No Brasil, como na maioria dos países do mundo, o ensaio de sondagem de simples reconhecimento à percussão - SP é o mais executado (QUARESMA, 2009), apesar das incertezas que o processo executivo deste ensaio produz no que se refere à interferência do operador (anotação dos golpes e variação da energia aplicada) e do equipamento (tipo de material utilizado, uso do amostrador para escavação, entre outros) no resultado do ensaio, e na falta de padronização do processo, mesmo havendo a norma regulamentadora do SPT no Brasil, a NBR 6484 (SCHNAID, 2000). Entretanto, cabe salientar que ainda existem muitas obras de engenharia sendo feitas no país sem investigações geotécnicas, principalmente no que diz respeito às obras de pequeno porte.

O ensaio de sondagem SP é normatizado pela NBR 6484 (ABNT, 2020) seu intuito é determinar o índice de resistência à penetração, abreviado pela letra N, e sua determinação se dá pelo número de golpes correspondentes à cravação dos últimos 30 cm do amostrador-padrão. Tal ensaio deve fornecer um laudo com no mínimo a compacidade ou a consistência, a estratigrafia, os valores dos índices de resistência à penetração ( $N_{spt}$ ) metro a metro e a posição do nível de água. O equipamento utilizado no ensaio está exemplificado pela Figura 14.

As peças que compõem este equipamento são diversas entre elas está o amostrador padrão que é uma peça bipartida, que fica juntada, em uma ponta pela sapata e, na outra, pela cabeça que liga a haste. O diâmetro externo é de 60 mm e o diâmetro interno é de 45 mm. O comprimento total do amostrador é 60 cm. Outra peça é a bica que nada mais é que um 'Tê' metálico de diâmetro igual ao do revestimento que é prolongado na saída central e usado para despejar a água que sai do furo dentro tambor. O tambor é cortado ao meio com volume de 100 litros que é usado para depositar a água de lavagem. A água sai desse tambor pela bomba e volta pela bica.

A bomba de água que é tocado por um motor a gasolina e usado para circular a água no furo de sondagem; A água é retirada do tambor e injetada no furo através das hastes. Para segurar ou levantar as hastes durante as manobras de colocação e retirada nos furos é utilizado a chave de alçar.

Figura 14 - Ensaio de Sondagem



Fonte: Schnaid e Odebrecht (2014)

As hastes são canos de aço galvanizado, reforçado, com diâmetro de 1 polegada. Cada haste tem 1 m, porém algumas empresas usam também hastes de 2 m e de 3 m para ganhar tempo nas trocas de amostrador para trépano ou o contrário. As hastes necessitam de um macaco, que é umas peças usadas para puxar o tubo de revestimento ou as hastes que ficam presas ao solo em solos arenosos. São puxadas no sarrilho.

Na parte de baixo da haste tem o trépano, ele é o responsável pela escavação do solo durante a lavagem do furo. A parte que corta o solo chama-se faca e fica no meio da haste para a água passar dos dois lados. A faca do trépano deve sempre ficar centrada, ter comprimento mínimo de 20 cm e largura igual a 60 mm. Os cantos da faca devem ser arredondados e nunca em forma de punhal. Para que está lavagem aconteça o 'Tê' de lavagem deve estar funcionando corretamente pois é por ele que a água entra e também onde o sondador segura para manobrar as hastes e o trépano de lavagem.

Outro segmento significativo deste equipamento é o pescador, uma peça de aço em forma redonda e pontuda, que se parece com uma espiga de milho, com roscas que vão crescendo de baixo para cima. Essas roscas são de filetes iguais as da peça que se quer pescar.

A forma de espiga ajuda ao pescador a entrar na peça que se quer recuperar e pode ir rosqueando ou até abrir uma rosca precária.

O tripé que segura todo o equipamento é de estrutura metálica feita de três pernas que se equilibram para sustentar a roldana com a corda. Em geral o tripé é montado por partes de modo a facilitar o seu transporte e montagem. As pernas têm duas partes. Uma das pernas é dupla para ser montado um sarilho, que serve para ajudar a levantar o martelo e retirar as hastes / revestimento do furo.

Uma das peças fundamentais para evitar o desmoronamento das paredes do furo e para apoiar a bica é o Revestimento, é um tubo metálico com diâmetro de 75 mm que é cortado em pedaços de 1 m ou 2 m. E o Saca-Tubo é de sumo importância pois é usado tanto nas hastes como no revestimento, ele é um tipo de martelo, oco, que serve para bater nos tubos, de baixo para cima, para arrancá-los do solo quando estão presos.

Um dos componentes principais deste equipamento é a cabeça de bater, uma peça usada no topo do trem de hastes ou do revestimento que serve para receber os golpes do martelo e impedir que as roscas se estraguem. Para garantir a qualidade do ensaio a ABNT padronizou o tamanho e tipo da cabeça de bater. O uso de uma luva ou um pedaço de haste sempre diminui a qualidade do ensaio. O cabo ou corda a ser usada para levantar o martelo deve ser de sisal, ter comprimento de no mínimo 15 m e calibre de 20 mm ( $\frac{3}{4}$  polegada). Caso o equipamento tenha um cabo de aço em lugar de corda, deve-se usar um cabo macio de diâmetro de 12 mm ( $\frac{1}{2}$  polegada).

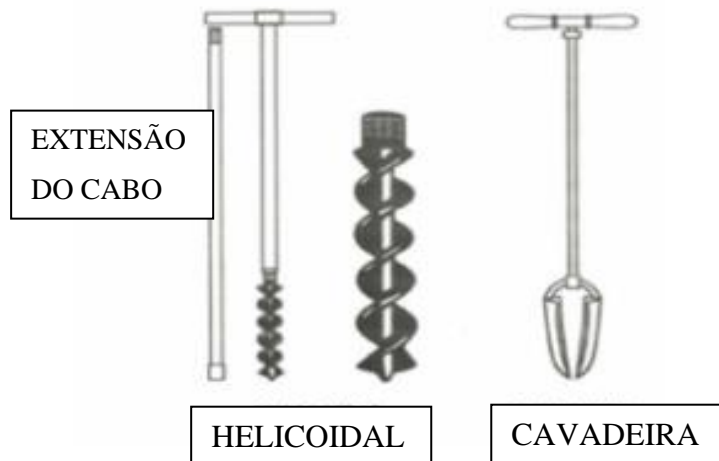
Outro fragmento importante deste dispositivo é o martelo, ele é uma peça de aço, maciça, redonda, pesando 65 kg. O martelo tem um pino guia para ajudar no alinhamento com a haste na hora de golpear o conjunto. O pino guia tem uma marca aos 75 cm de altura de queda. O martelo pode usar um coxim de madeira para diminuir o desgaste.

Segundo Quaresma (1978) o amostrador de sondagem é padronizado e deve ser cravado no solo através de um martelo de 65 kg, este é liberado a uma altura de 75 cm. Crava-se 45 cm deste amostrador e conta-se o número de golpes necessários para cravar cada trecho de 15 cm. Este procedimento fornece a resistência do solo para fins de projeto denominado índice "N". A sondagem consiste em amostrar o subsolo a cada metro de profundidade.

Alonso (1991) evidencia a primordial importância da determinação do nível de água, e instrui sobre quando houver a ocorrência de água deve-se interromper o trabalho, aguardar a sua estabilização e anotar a profundidade correspondente. O autor também instrui sobre o laudo que deve ser desenhado após a averiguação dos perfis individuais preliminares obtidos após a classificação tátil visual, do nível d'água e da cota (elevação) do terreno no início da perfuração.

Mesmo considerado simples, o procedimento exige rigoroso controle técnico fornecido por profissionais éticos e capacitados. A NBR 6484 (ABNT,2020) determina o uso trado-concha exemplificado na Figura 15 ou trado helicoidal, répano de lavagem, amostrador-padrão, martelo padronizado para a cravação do amostrador, medidor de nível d'água entre outros equipamentos. Mesmo considerado simples o procedimento exige rigoroso controle técnico fornecido por profissionais éticos e capacitados. Tendo seu custo médio, segundo Godoy (1971), de 0,05 a 0,005% do custo total da obra.

Figura 15 - Tipos de Trado



Fonte: Mettzer

Segundo Godoy (1971) os pontos de sondagem devem ser rigorosamente distribuídos na área em estudo, e devem ter profundidade que inclua todas as camadas do subsolo que possam influenciar no comportamento da fundação. A execução de uma sondagem é um processo repetitivo que inclui a abertura do furo, ensaio de penetração, que ocorre com a cravação de parte de um amostrador no solo realizada pela queda livre de um martelo de massa e altura padronizada e amostragem de cada metro do solo sondado, exemplificado pela Figura 15.

Segundo Caputo (1978) não é possível definir regras gerais em relação à profundidade, localização e número de furos na execução de uma sondagem. O autor afirma que a profundidade a ser alcançada pelas sondagens deve ser fixada levando-se em conta as curvas de distribuição de pressões. Sugere-se que a profundidade média das sondagens, satisfaça à condição:  $D \geq (0,8 \text{ a } 1,0) p * B$  com D e B em metros, sendo B a menor dimensão da fundação e p (em kg/cm<sup>2</sup>) a pressão média na base da fundação, exemplificado pela Figura 16.

Figura 16 - Execução do ensaio de sondagem: (a) Queda do martelo (b) Amostragem do solo

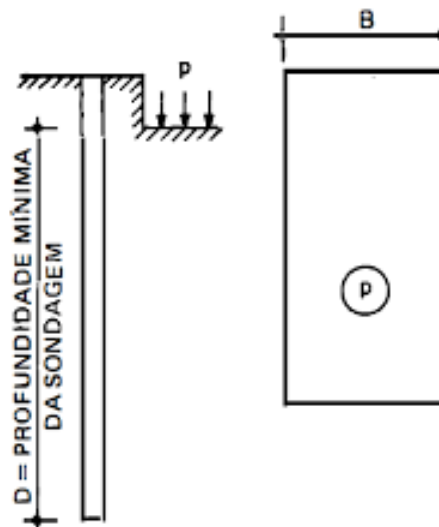


a

b

Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

Figura 17 - Profundidade, Localização e Número de Sondagens



Fonte: Caputo 1978

A perfuração é feita através de ferramentas ou de máquinas que provocam a desagregação parcial, ou total, do terreno, que permitem a extração de amostras representativas das diferentes camadas atravessadas. Na prática o ensaio basicamente consiste em introduzir um tubo no terreno, mediante golpes de uma massa, com peso e altura de queda constante, registrando a penetração e o número de golpes. Tendo-se a função de colher amostras com exemplificado pela Figura 18 (as amostras da nossa sondagem) e medir a resistência à

penetração, permitindo completar as informações sobre as diferentes camadas atravessadas. O método é econômico, rápido e aplicável à maioria dos solos, exceto pedregulhos.

Figura 18 - Amostrador de Solo com Pedal e Balança



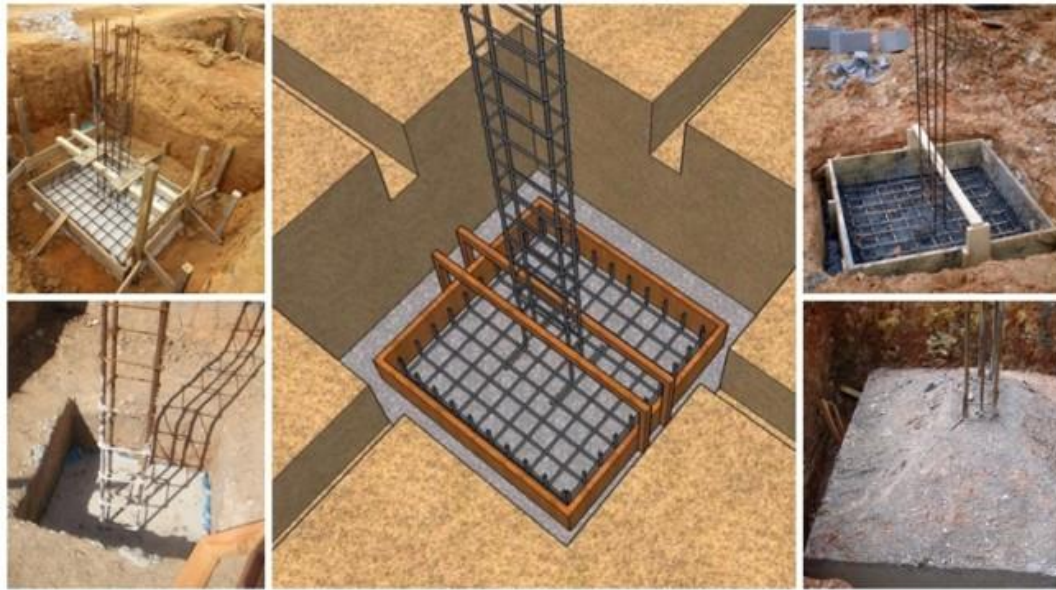
Fonte: DhGate

No standard Penetration teste (SP), o mais amplamente usado, o “barrilete amostrador” com 2” e 1<sup>3/8</sup> de diâmetros externo e interno, respectivamente, e que se abre longitudinalmente (para retirada da amostra), é fixado na extremidade das hastes de cravação e cravado 45 cm no solo, por dentro do tubo de sondagem. A cravação é feita por um peso de 65 Kg, com 75 cm de altura de queda. Primeiramente se fazem penetrar 15 cm e, em seguida, se registra o número N de golpes aplicados para cravas os outros 30 cm, anotando-se separadamente cada 15 cm.

### 2.3 CAPACIDADE DE CARGA

A capacidade de carga em termos geotécnicos representa o valor máximo de resistência que o sistema pode oferecer ou representação da condição de ruptura do mesmo (CINTRA; AOKI, 2010). Segundo o livro de física Cintra/Aoki/Albiero considere uma sapata retangular, com largura B e comprimento L, assentada à profundidade h em relação à superfície do terreno (Figura 19). Ao aumentar progressivamente a carga P aplicada à sapata e, conseqüentemente, a tensão média  $\alpha$  transmitida ao solo ( $\alpha = \frac{P}{BL}$ ), será atingida a tensão de ruptura  $\alpha r$ , ou seja, a capacidade de carga do sistema sapata-solo.

Figura 19 - Sapata de concreto Armado embutido no solo



Fonte: casa e construção

A capacidade de carga não depende exclusivamente do maciço de solo, os parâmetros de resistência também são influenciados pela geometria da sapata. Além das características do solo é necessário avaliar parâmetros, como profundidade de embutimento e dimensões do alicerce.

Os cálculos de capacidade de carga, carga de ruptura do solo que suporta uma fundação, são elaborados buscando representar a realidade, contudo requerem simplificações das quais resultam erros que deverão ser cobertos por uma margem de segurança, que devem considerar as imperfeições na execução, podendo ser reduzidas com adequada fiscalização porém nunca totalmente eliminadas (VELOSO; LOPES, 2010).

A NBR 6122 (ABNT, 2019) determina que as cargas admissíveis em elementos de fundação são obtidas pela aplicação de fatores de segurança, conhecidos como valor de cálculo da resistência ou capacidade de carga obtida por cálculo ou experimentalmente. Existem três maneiras para a determinação: as capacidades de carga, os métodos provas de carga, semiempírico ou empírico e teórico.

O primeiro método consiste na prova de carga sobre placa, ensaio realizado de acordo com a NBR 6489 (ABNT, 2001), que leva em consideração as camadas de solo influenciadas pela relação de comportamento entre a placa e a fundação real. Segundo Godoy e Teixeira (1996) a prova de carga sobre a placa constitui em um ensaio de modelo reduzido de uma sapata, ainda que se apresente como uma alternativa importante para o estudo da compressibilidade de solos residuais são pouco utilizados. Cujos resultados devem considerar a relação modelo-



protótipo (efeito de escala), bem como as camadas influenciadas de solo NBR 6122 (ABNT, 2019).

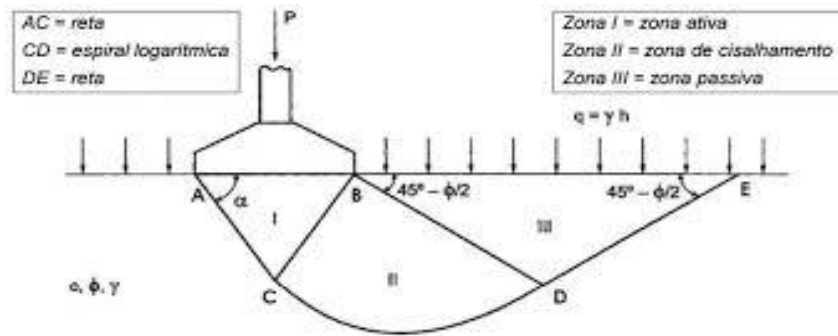
O método semiempírico é baseado na resistência à penetração medida na sondagem, as propriedades dos solos são estimadas com base na aplicação de fórmulas teóricas, adaptadas ou não, Segundo Godoy e Teixeira (1996). Para os cálculos das tensões admissíveis ou tensões resistentes de cálculo devem ser observados os domínios de validade de suas aplicações, bem como as dispersões dos dados e as limitações regionais associadas a cada um dos métodos NBR 6122 (ABNT, 2019).

Os métodos teóricos, onde Godoy e Teixeira exemplificam a imprecisão inerente às fórmulas da capacidade de carga, pois a aplicação dessa metodologia apresenta dificuldades de ordem prática na avaliação da resistência ao cisalhamento dos solos envolvidos. Contudo a NBR 6122 (ABNT, 2019) permite o emprego dos métodos teóricos de capacidade de carga nos domínios de validade de sua aplicação, desde que contemplem todas as particularidades do projeto, inclusive a natureza do carregamento.

A ruptura generalizada é desenvolvida em superfícies contínuas de ruptura entre as bordas da sapata e a superfície do terreno conforme é evidenciado na Figura 20. A medida que a pressão aumenta e se aproxima de  $q_f$ , o estado de equilíbrio plástico é alcançado inicialmente no solo próximo às bordas da sapata e depois alcança gradualmente para baixo e para fora. Ao fim, o estado de equilíbrio plástico é desenvolvido completamente ao longo do solo acima das superfícies de ruptura. Ocorre então o levantamento das superfícies do terreno em ambos os lados da sapata, muito embora o movimento final de deslizamento venha a ocorrer em apenas um dos lados, acompanhado da inclinação (desaprumo) da sapata. Esse modo de ruptura é típico de solos de baixa compressibilidade e a curva pressão-recalque é da forma geral mostrada na Figura 20, sendo a capacidade final de carga bem definida (VELLOSO & LOPES, 2010).

Ainda segundo Velloso e Lopes (2010), no modo de ruptura localizada há compressão significativa do solo sob a sapata e o desenvolvimento apenas parcial do estado de equilíbrio plástico. As superfícies de ruptura, portanto, não atingem a superfícies do terreno, e ocorre apenas um pequeno levantamento. Não se esperaria uma inclinação da fundação. A ruptura localizada está associada a solo de alta compressibilidade e, conforme indica na Figura 21, é caracterizada pela ocorrência de recalques relativamente grandes, que seriam inaceitáveis na prática, e pelo fato de que a capacidade última de carga não está claramente definida.

Figura 20 - Ruptura sob uma sapata corrida



Fonte: UFVJM

Figura 21 - Modos de ruptura: (a) Ruptura geral, (b) Ruptura por punção e (c) Ruptura local



Fonte: Sondarello Engenharia

A ruptura por punção ocorre quando há compressão relativamente alta do solo sob a sapata, acompanhada de cisalhamento na direção vertical em torno das bordas e não há inclinação da sapata. Recalques relativamente grandes também é uma característica desse modo e mais uma vez a capacidade de carga não está bem definida. A ruptura por punção também ocorrerá em um solo de baixa compressibilidade se a fundação estiver localizada em uma profundidade considerável. Em geral, o modo de ruptura depende da compressibilidade do solo e da profundidade da fundação em relação à sua largura (VELLOSO; LOPES, 2010).

Segundo Caputo (1978) não é simples a escolha adequada do coeficiente de segurança nos cálculos de Mecânica dos Solos. Tendo em vista que os dados básicos necessários para o projeto e execução de uma fundação provêm de fontes as mais diversas, a escolha do coeficiente de segurança é de grande responsabilidade. A seguir é apresentado a Tabela 3 onde o autor resume os principais fatores a se considerar.

Tabela 3 - Coeficiente de segurança de Caputo (1978)

Fatores que influenciam a escolha do coeficiente de segurança	Coeficiente de segurança		
	Pequeno		Grande
<b>Propriedades dos Materiais</b>	Solo homogêneo Investigações geotécnicas amplas		Solo não homogêneo Investigações geotécnicas escassas
<b>Influências exteriores, tais como vento, água tremores de terra.</b>	Grande número de informações, medidas e observações disponíveis.		Poucas informações disponíveis
<b>Precisão do modelo de cálculo</b>	Modelo bem representativo das condições reais		Modelo grosseiramente representativo das condições reais
<b>Consequências em caso de acidente</b>	Consequências financeiras limitadas e sem perda de vidas humanas	Consequências financeiras consideráveis e risco de perda de vidas humanas	Consequências financeiras desastrosas e elevadas perdas de vidas humanas

Fonte: Caputo (1978)

## 2.4 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE TENSÃO ADMISSÍVEL DO SOLO

O dimensionamento de uma fundação superficial pode ser feito de duas formas segundo a NBR 6122 (ABNT, 2019) uma delas tem como conceito principal o coeficiente de segurança parcial e outra leva em consideração o conceito de pressão admissível. Esta última será utilizada neste trabalho para a realização do dimensionamento; e entre as metodologias disponíveis para determinar a pressão admissível foi escolhida os métodos semiempíricos por ser o mais usual e prático.

O projeto estrutural de uma obra já deve estar concluído para que possa ser feito o dimensionamento da fundação, devido possuir as informações necessárias para seu pré-lúdio. Juntamente a este projeto deve se ter o laudo de sondagem que definirá o tipo de solo e suas características (ARAÚJO, 2010).

Inicialmente é feito o cálculo da zona de plastificação através da Equação 21, onde se multiplica o lado menor da base da sapata e do bloco pela constante 1,5.

$$Z_p = 1,5 * B (\text{lado menor da base}) \quad (21)$$

Logo após é escolhido uma profundidade de assentamento a qual deve-se levar em consideração o tipo de solo e suas características como se apresenta ou não indicio de nível de água.

Assim que escolhida a profundidade é feito o índice de resistência penetração médio. Tal resultado é obtido através da média entre os números de golpes da 2ª e 3ª camada, onde o número de camada utilizadas depende do valor adotado para o menor lado da sapata.

$$NSPT_{Medio} = \frac{X + Y}{2} \quad (22)$$

Portanto, só depois de ter em mãos as informações necessárias é feito uma análise da tensão admissível do solo para fundações rasas adotando algum dos métodos semiempíricos, tais como: Victor de Mello (1975), Albiero e Cintra (1996), Milton de Vargas (1960), e Berberian (2016).

A metodologia de Victor de Mello (1975) é aplicável para qualquer tipo de solo, onde o  $N_{spt}$  mínimo é de 4 golpes e o  $N_{spt}$  máximo é de 16. A tensão admissível do solo é expressa em kPa, conforme a Equação 23.

$$\sigma_{adm} = 100 \sqrt{N_{72}} - 1 \quad (23)$$

Onde:

$N_{72}$  = SP brasileiro médio, dentro da zona de plastificação.

A metodologia de Milton Vargas (1960) faz a recomendação para todos os tipos de solo de acordo com a Equação 24, onde  $k$  são valores empíricos estabelecidos pelo autor conforme a Tabela 04. A tensão admissível do solo é expressa em  $\text{kgf/cm}^3$ , conforme a Equação 5.

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{72}}{k} \quad (24)$$

Tabela 4 - Valores do Coeficiente  $k$  de Milton Vargas (1960)

Descrição	K
Areias	5
Areias Siltosas	5,5
Siltes, Areias Argilosas	6
Siltes Argilosos	6,5
Argilas	7

Albiera e Cintra (1996) recomendam para tensão admissível em kPa, em qualquer tipo de solo brasileiro, na prática de projetos a Equação 25:

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{72}}{0,05} \quad (25)$$

Berberian (2016) recomenda adotar a zona de plastificação ( $Z_p$ ) equivalente a 1,5 do menor lado da sapata (B), esse método foi desenvolvido para sapatas de lado B entre 1 e 3 m.

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{72}}{K_{Berberian}} \quad (26)$$

Onde:

$K_{Berberian}$ : coeficiente de influência do solo na capacidade de carga. (Anexo C)

Uma das vertentes para a determinação da tensão admissível do solo em fundações rasas é calcular a tensão do solo por diversos autores, como os supracitados, realizar uma média aritmética considerando o estado da arte de 30% e só assim estabelecer a tensão admissível média do solo. Cabe ressaltar que existem outras vertentes, como utilizar um ou dois métodos aliado ao “bom senso” do projetista, para definir a tensão admissível do solo. De acordo com Berberian (2019) esta metodologia não está incorreta, todavia ao abranger uma maior gama de autores renomados e realizar a média desses, ocasiona um aumento da precisão dos resultados e oferece uma melhor sustentação jurídica nos casos de litígios judiciais.

### 3 ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo serão abordados: a escolha da região que delimitará o perfil geológico geotécnico, os métodos semi-empíricos de cálculo da tensão admissível do solo em fundação rasa, a fundamentação do dimensionamento geométrico de sapatas isoladas e blocos e a armadura quando necessário. O orçamento dos exemplos dimensionados será realizado através dos bandos de dados do Sistema Nacional de Pesquisa e Índice SINAPI e Tabela de composição de preços para orçamento TCPO.

#### 3.1 MATERIAIS

O local de escolha para a verificação das características do solo está localizado no residencial Jardins Bolonha, na cidade de Senador Canedo, onde foi realizado o ensaio de sondagem a percussão (SP) para a obtenção da resistência do solo, nível de água e estratigrafia do terreno. Para isso foram realizados 2 furos de sondagem SPT, atendendo assim o mínimo exigido na norma, conforme a área do terreno.

No dia 13/04/2021 foi perfurada a sondagem de número SP001, na coordenada N 8.153.124,00 m; E 697.459,00 m; Cota 0,00 m. A sondagem de número SP002 foi realizada no dia 15/04/2021, na localização N 8.153.141,00 m E 697.462,00 m, Cota 0,00 m, conforme mostra a Figura 22. Ambos os furos foram preparados seguindo a NBR 6484 (ABNT, 2020) de Sondagem de simples reconhecimento SP. A paralisação do ensaio foi realizada ao atingir a profundidade de 6,45m, devido à solicitação do cliente e em ambos os furos não houve a ocorrência de nível freático.

Figura 22 - Localização dos Furos no Terreno



Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

A sondagem foi feita em 3 etapas: perfuração do solo, amostragem e ensaio penetrométrico. A Figura 23 apresenta o equipamento e a execução do ensaio.

Figura 23 - Execução do Ensaio de Sondagem



Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

Inicialmente foi realizada a abertura do furo com auxílio de trado mecânico, onde no primeiro metro não é medido a resistência do solo por meio do ensaio penetrométrico, pois é uma camada com presença de matéria orgânica e como resquícios de movimentação de terra. Ultrapassado esse primeiro metro inicia-se o procedimento de cravação do martelo em queda livre em três trechos de 15 cm, totalizando 45 cm, onde é feito a amostragem e medida de resistência à penetração. Nos 55 cm restantes, fez-se o processo de avanço do solo por meio do trado mecânico (TM) no furo SP-001 e por trado mecânico (TM) e circulação de água (CA) a partir dos 4 metros de profundidade.

Depois da cravação dos 45 cm iniciais em cada metro de solo, o amostrador padrão é retirado do furo, sendo extraída do bico do amostrador a amostra de solo, como pode ser visto na Figura 24. A identificação do tipo de solo é feita por uma análise tátil visual da amostra na própria obra.

Figura 24 - Exemplos das amostras realizadas SP-001



Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

Após a coleta, estas são identificadas (nº do furo, profundidade da amostra, local da obra) e enviadas para a empresa onde ficaram guardadas por 60 dias. Ao todo foram coletadas 6 amostras em cada furo, totalizando 12, amostras conforme mostra a Figura 25.

Figura 25 - Exemplos das amostras realizadas SP-001



Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

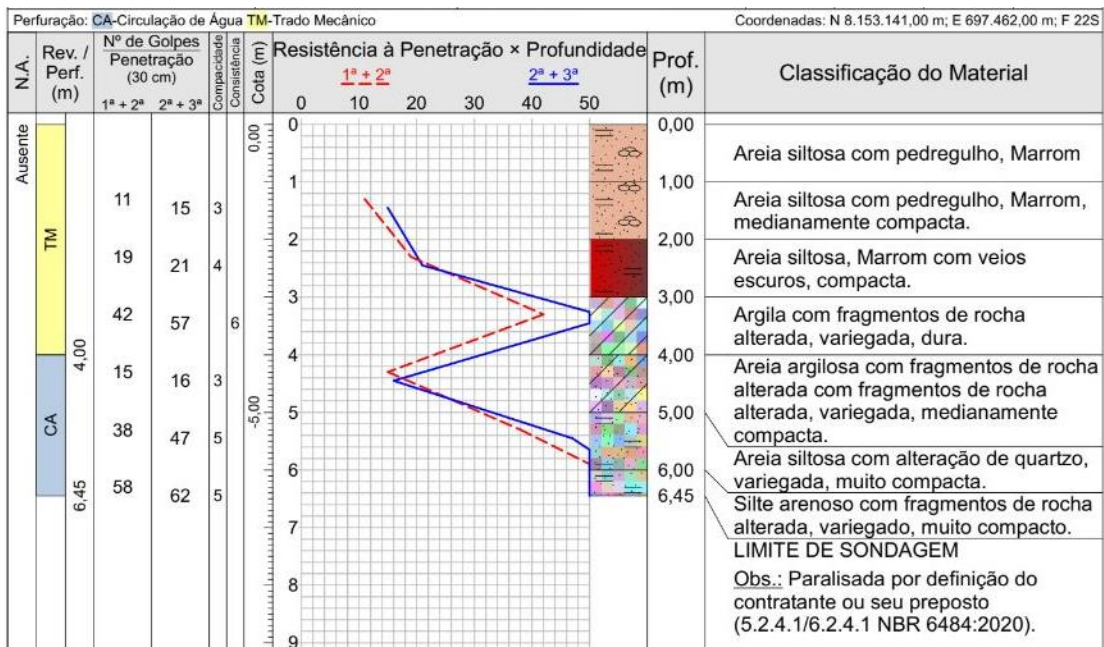
A Figura 26 mostra uma parcela do laudo de sondagem do furo SP-002. A perfuração desse solo foi feita com TM (Trado mecânico) e CA (Circulação e água), nos seus 3 primeiros metros e de 4-6 metros, respectivamente. O perfil desse solo se mostrou bastante variável em termos de tipos de solo, onde nos primeiros 2 metros encontra-se uma camada de areia siltosa com pedregulhos medianamente compacta. Seguido por areia siltosa compactada (2 a 3 metros), argila dura com fragmentos de rocha alterada (3 a 4 metros), areia argilosa medianamente



compacta com fragmento de rocha alterada (4 a 5 metros), areia siltosa muito compacta (5 a 6 metros), e por fim um silte arenoso com fragmento de rocha alterada.

Com relação à resistência à penetração, o furo SP-002 apresenta um aumento crescente de resistência até 4 metros, atingindo uma elevada resistência de 57 golpes entre as profundidades de 3 a 4m, necessitando inclusive da circulação de água para fazer o avanço. Após avançado essa camada, tem-se uma queda brusca de *Nspt* para 16 golpes, sendo compensado nas camadas sucessivas com o aumento progressivo do valor do *Nspt*, apresentando o seu ápice de 62 golpes, entre as profundidades de 6 a 7m

Figura 26 - Laudo de sondagem SP-002



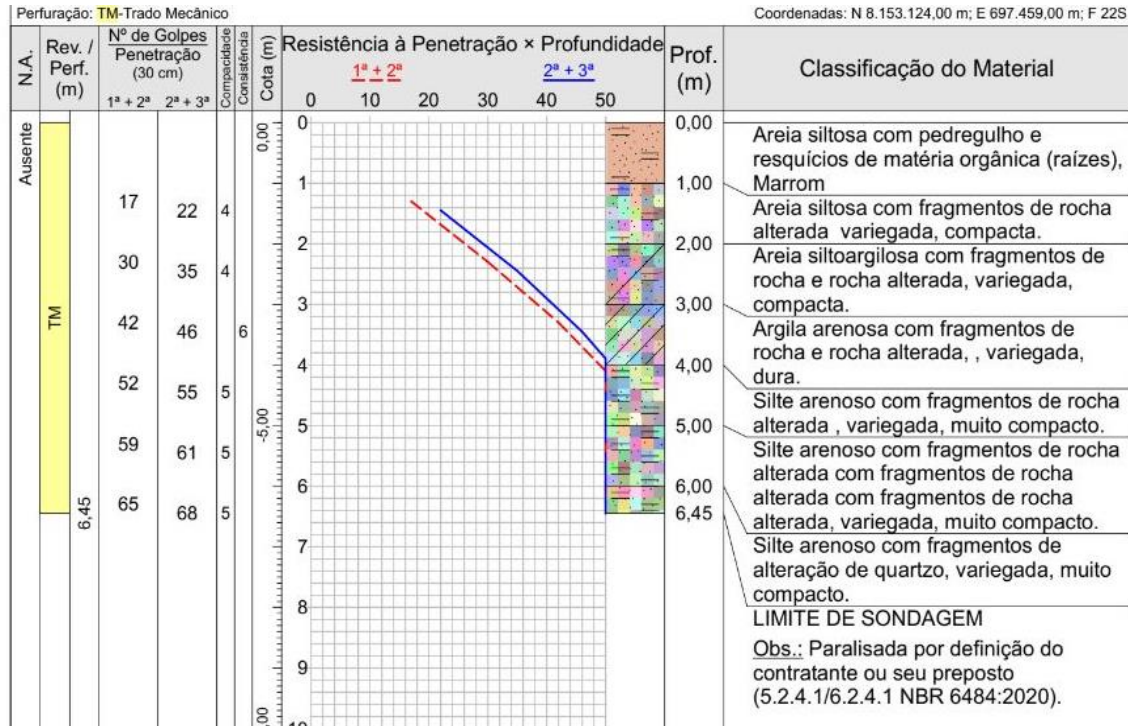
Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

Na Figura 24 consta o resultado do ensaio no furo SP-001, para a perfuração desse solo foi utilizado apenas o trado mecânico. As amostras retiradas de metro em metro desse furo também indicaram uma alta variabilidade no perfil do solo. Nos 2 primeiros metros do furo o solo encontrado foi areia siltosa com pedregulho e resquícios de matéria orgânica, logo após (2 a 3 metros) o material encontrado na amostra indicou a presença de uma areia siltosa com fragmentos de rocha alterada, seguindo por uma argila arenosa com fragmentos de rocha (3 a 4 metros), silte arenoso com fragmentos de rocha muito compacto (4 a 6 metros) e por fim silte arenoso com fragmentos de alteração de quartzo (6 a 6,45 metros).

Em relação à resistência a penetração do solo, o furo SP-001 apresentou um crescimento de resistência continuo, começando com 22 golpes nos seus primeiros metros (2 a

3 metros) e foi aumentando gradativamente, onde no limite de profundidade estabelecido pelo cliente (6,45 m) foi encontrado o ápice da resistência do furo, Nspt de 68 golpes.

Figura 27 - Laudo de sondagem SP-001



Fonte: GeoBrasil Engenharia (2021)

Após analisar os resultados do ensaio SP feito em cada furo e levar em consideração a finalidade desse trabalho, o furo adotado para o cálculo de capacidade de carga do solo foi o SP-001, por conta da sua resistência à penetração, que aumenta gradativamente. Já que baseado no laudo do furo SP-002, na profundidade de 4 metros, tem-se uma queda acentuada do Nspt de 57 para 16, o que acarretaria a possibilidade de recalques excessivos dentro da zona de plastificação do solo, afetando a escolha de fundações rasas e se afastando da finalidade do trabalho.

Os laudos de sondagem dos furos SP-001 e SP-002 completos se encontram respectivamente no Anexo A e B.

## 4 ORÇAMENTO

A fim de comparar o melhor desempenho em relação ao custo será feito o orçamento das fundações rasas calculadas através da base de dados do Sistema Nacional de Pesquisa de Índices (SINAPI) e da Tabela de composição de preços para orçamento (TCPO).

Segundo Melo Filho (2016) A SINAPI é um banco de dados de composições de preço unitário de serviços da construção civil, gerenciado de forma compartilhada pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A base técnica de engenharia é de responsabilidade da Caixa e o processamento de dados atribuição do IBGE. O instituto coleta mensalmente os preços, metodologia e índice em todos os Estados da federação. No ano de 2009, a Caixa iniciou o processo de publicação na internet dos serviços e custos do Banco Referencial. São disponibilizados dois tipos de tabelas chamadas desonerado e não desonerado.

A não desonerado, quanto aos custos de mão de obra, possui encargos sociais referentes a contribuição de 20% para o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) sobre a folha de pagamento, e a desonerado é quando não há tal contribuição. No presente trabalho adotou-se a tabela desonerada, devido ao intuito de orçar apenas o valor dos serviços sem considerar encargos sociais.

A tabela TCPO é uma base de dados composta por serviços e preços de referência, seu lançamento ocorreu em 1953 pelo departamento de engenharia da PINI e composições de empresas da indústria de materiais e serviços de construção civil, tendo sede na grande São Paulo. O sistema TCPO web é mantido e atualizado continuamente, as bases disponíveis são de edificações e infraestrutura, totalizando mais de 8500 composições. São disponibilizados mais de 4 mil preços de insumos para orçamentos de obras.

### 4.1 INSUMOS ORÇADOS

A tabela SINAPI utilizada foi publicada na data de 15 outubro de 2021, seus valores são identificados através de códigos. Para o orçamento das sapatas isoladas foram considerados os valores para escavação manual, fabricação, montagem e desmontagem de formas, lastro de concreto magro com espessura de 5cm, armação com aço CA-50 e bitola de 10mm e concreto com  $f_{cK}$  15 MPa com preparo mecânico com betoneira.

O orçamento do bloco foi utilizado os valores de escavação manual, lastro de concreto magro com espessura de 5 cm e concreto com  $f_{cK}$  15 MPa com preparo mecânico com

betoneira. Os blocos dimensionados serão maciços, sendo então na sua execução a desnecessário o uso de formas.

A tabela TCPO utilizada, é referente ao mês de setembro de 2021, está disponível no formato TCPO web. Para o orçamento das fundações superficiais foi considerada escavação manual da vala para profundidade até 2m, forma para fundação com tábuas e sarrafos - fabricação, forma para fundação com tábuas e sarrafos- montagem, concreto magro com seixo # 8cm, aço CA-50 com bitola de 10mm em barra e concreto C15 preparado na obra. A distinção entre os orçamentos da sapata isolada em relação ao bloco, se dá devido ao processo executivo do bloco não necessitar de forma e armação.

## 5 RESULTADOS

O presente capítulo apresenta os resultados do dimensionamento da sapata isolada e do bloco para o furo SP-001 utilizando as cargas 250 KN, 500 KN e 750 KN. A profundidade de assentamento para a realização dos cálculos foi de 1,5m e nesta profundidade o solo encontrado foi caracterizado como areia siltosa com fragmentos de rocha alterada, variegada compacta e não apresenta indicio de nível de água.

### 5.1 DIMENSIONAMENTO

Inicialmente adotou-se para o cálculo da zona de plastificação o lado menor da base da sapata e bloco sendo 1m, obtendo assim o ZP de 1,5. Logo após averiguar esses dados foi feito os cálculos para descobrir a capacidade de carga do solo utilizando os métodos semiempíricos escolhidos anteriormente.

Tabela 5 - Resultados dos métodos Semiempíricos

<b>Métodos Semiempíricos</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>Tensão Admissível (kPa)</b>
Milton Vargas (1960)	Eq. 24	518
Albiero e Cintra (1996)	Eq. 25	570
Victor de Mello (1975)	Eq. 23	387,3
Berberiam (2016)	Eq. 26	475
<b>Tensão Admissível Média</b>	Eq. 27	487,57

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Considerando o estado da arte de 30%, o limite superior e inferior tolerável será de 633,84 kPa e 341,29 kPa, respectivamente. Assim todos os métodos utilizados para estimar a tensão admissível do solo estão fora dessa faixa de valores. Portanto, a tensão admissível média do solo é de 487,57 kPa.

### 5.2 DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS E BLOCOS

Para o seguimento do estudo foi adotado um pilar de 20 x 30 cm para realizar os cálculos do dimensionamento de blocos e sapatas isoladas, na Tabela 6 se encontra os resultados

da dimensão das sapatas: S-01, S-02 e S-03, utilizando cargas de 250 kN, 500 kN e 750 kN, respectivamente e o peso próprio de 5% da carga do pilar.

Tabela 6 - Resultados do Dimensionamento geométrico das Sapatas isoladas

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	S-01	S-02	S-03
Área	Eq. 2	0,54 m <sup>2</sup>	1,08m <sup>2</sup>	1,62m <sup>2</sup>
Lado A	Eq. 3	0,80 m	1,10m	1,35m
Lado B	Eq. 3	0,70 m	1,00m	1,20m
Altura (H)	Eq. 4	0,45 m	0,45 m	0,45 m
Rodapé ( $H_0$ )	Eq. 5	0,15 m	0,15 m	0,15 m

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Foi realizada o cálculo do comprimento de ancoragem ( $l_b$ ), visando verificar a necessidade de aumento ou não da altura da sapata para receber a armadura proveniente do pilar. Para isso, adotou-se o  $f_{ck}$  de 15 MPa e que a armadura longitudinal do pilar é composto por quatro barras de 10 mm. Durante a verificação percebe-se que haveria a exigência de alterar a altura da sapata para 45 cm, conforme está apresentado na Tabela 7.

Quanto a verificação da resistência da biela comprimida de concreto, as três sapatas atenderam a condição de segurança em que tensão resistente (Equação 7) deverá ser superior a tensão solicitante (Equação 8), conforme a Tabela 7. Ambas também atendem a condição espessa na Equação 15, sendo assim consideradas sapatas isoladas rígidas.

Tabela 7 - Dimensionamento da armadura

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	S-01	S-02	S-03
Tensão de Cisalhamento ( $\tau_{sd}$ )	Eq. 7	632,21 kPa	1265,82 kPa	1898,73 kPa
Resistência ao Cisalhamento ( $\tau_{rd}$ )	Eq. 8	2720 kPa	2720 kPa	2720 kPa

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

A Tabela 8 apresenta os resultados do número de barras e o espaçamento indicado entre elas, tais resultados obtidos seguindo os cálculos da área mínima de aço e critérios de segurança necessários. Em todas as sapatas isoladas dimensionadas foi necessário à adoção da área mínima de aço. A fim da padronização em todas as fundações superficiais armadas foram

adotadas barras de aço CA-50 com bitola de 10 mm, com gancho de 10 mm para ambas as direções.

Tabela 8 - Detalhamento da armadura

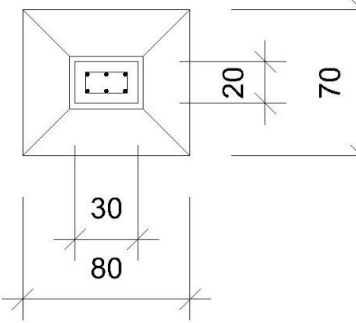
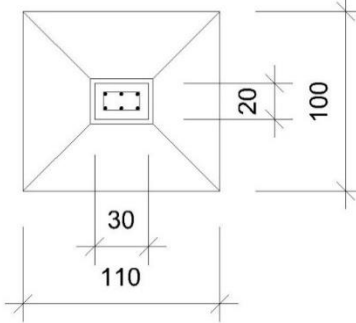
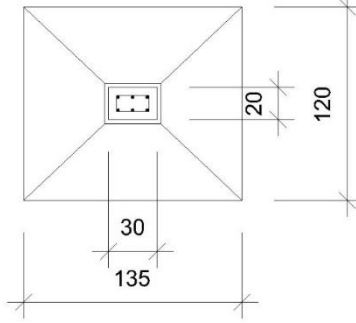
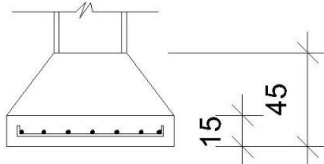
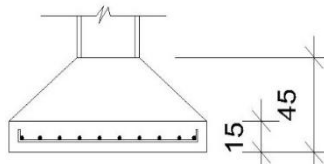
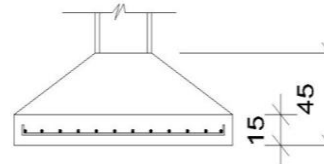
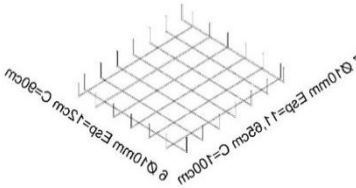
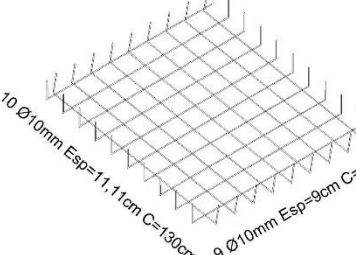
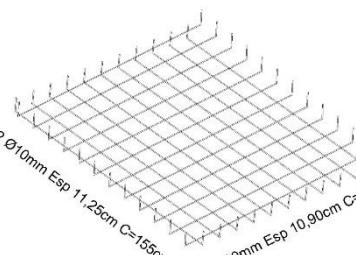
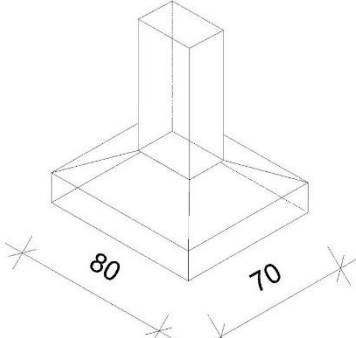
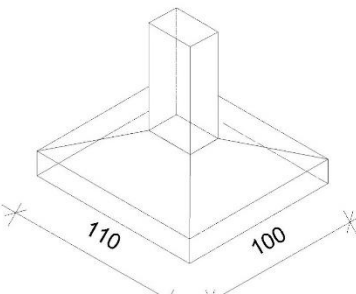
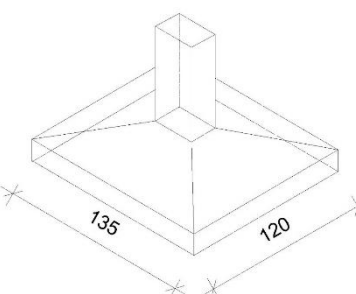
PARÂMETROS	LADO	EQUAÇÃO	S-01	S-02	S-03
Esforço de Tração (tx)	A	Eq. 16	43,51KN	139,24 KN	274,13 KN
	B	Eq. 17			261,08 KN
Área de Aço ( $A_{s,x}$ )	A	Eq. 12	1,40 cm <sup>2</sup>	4,48 cm <sup>2</sup>	5,48 cm <sup>2</sup>
	B				5,22 cm <sup>2</sup>
Área de Aço mínima ( $A_{s,min}$ )	A	Eq. 16	5,4 cm <sup>2</sup>	7,43 cm <sup>2</sup>	9,11 cm <sup>2</sup>
	B	Eq. 17	4,73 cm <sup>2</sup>	6,75 cm <sup>2</sup>	8,10 cm <sup>2</sup>
Nº de Barras (x)	A	Eq. 13	7	10	12
	B		6	9	11
Espaçamento Maior ( $Esp_{maior}$ )	A	Eq. 14	11,65 cm	11,11 cm	11,25 cm
Espaçamento Menor ( $Esp_{menor}$ )	B	Eq. 15	12 cm	11,25 cm	10,90 cm

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

O detalhamento das sapatas isoladas é apresentado na Tabela 9, tem-se respectivamente as geometrias das sapatas isoladas em vista e em corte, também é representado os exemplos dimensionados em vista 3D e o detalhamento da armadura. As figuras apresentadas neste capítulo não estão em escada, para melhor visualização do detalhamento vide o Anexo D, E e F. E na Tabela 10 a dimensão dos Blocos: B-01, B-02 e B-0,3 aderindo as mesmas cargas da sapata respectivamente.  $f_{ck} = 15$  Mpa no abaco da Figura 27.

Para o dimensionamento de blocos, foram condicionadas as mesmas características das sapatas isoladas, sendo adotado um pilar de 20 x 30 cm, na Tabela 10 se encontra os resultados da dimensão dos blocos: B-01, B-02, B-03, utilizando cargas de 250 KN, 500 KN e 750 KN, respectivamente e o peso próprio de 5% da carga do pilar.

Tabela 9 - Detalhamento sapatas isoladas

<p style="text-align: center;"><b>BASE S1</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>BASE S2</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>BASE S3</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>CORTE DA S1</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>CORTE DA S2</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>CORTE DA S3</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>DETALHAMENTO DA ARMADURA DA S1</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>DETALHAMENTO DA ARMADURA DA S2</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>DETALHAMENTO DA ARMADURA DA S3</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>DETALHAMENTO 3D</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>DETALHAMENTO 3D</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>DETALHAMENTO 3D</b></p> 
<p style="text-align: center;">(a) Sapata 01</p>	<p style="text-align: center;">(b) Sapata 02</p>	<p style="text-align: center;">(c) Sapata 03</p>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)



Tabela 10 - Resultados do Dimensionamento dos Blocos.

PARÂMETRO	EQUAÇÃO	B-01	B-02	B-03
Área	Eq. 2	0,53 m <sup>2</sup>	1,05 m <sup>2</sup>	1,57 m <sup>2</sup>
Lado A	Eq. 3	0,80 m <sup>2</sup>	1,10 m <sup>2</sup>	1,35 m <sup>2</sup>
Lado B	Eq. 3	0,70 m <sup>2</sup>	1,0m <sup>2</sup>	1,20 m <sup>2</sup>
Altura (H)	Eq. 20	0,55 m	0,85 m	1,15 m

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

O detalhamento dos blocos é apresentado na Tabela 11, tem-se respectivamente as geometrias dos blocos em vista e em corte, também é representado os exemplos dimensionados em vista 3D. As figuras apresentadas neste capítulo não estão em escada, para melhor visualização do detalhamento vide o Anexo G, H e J.

Tabela 11 - Detalhamento dos Blocos

(continua)

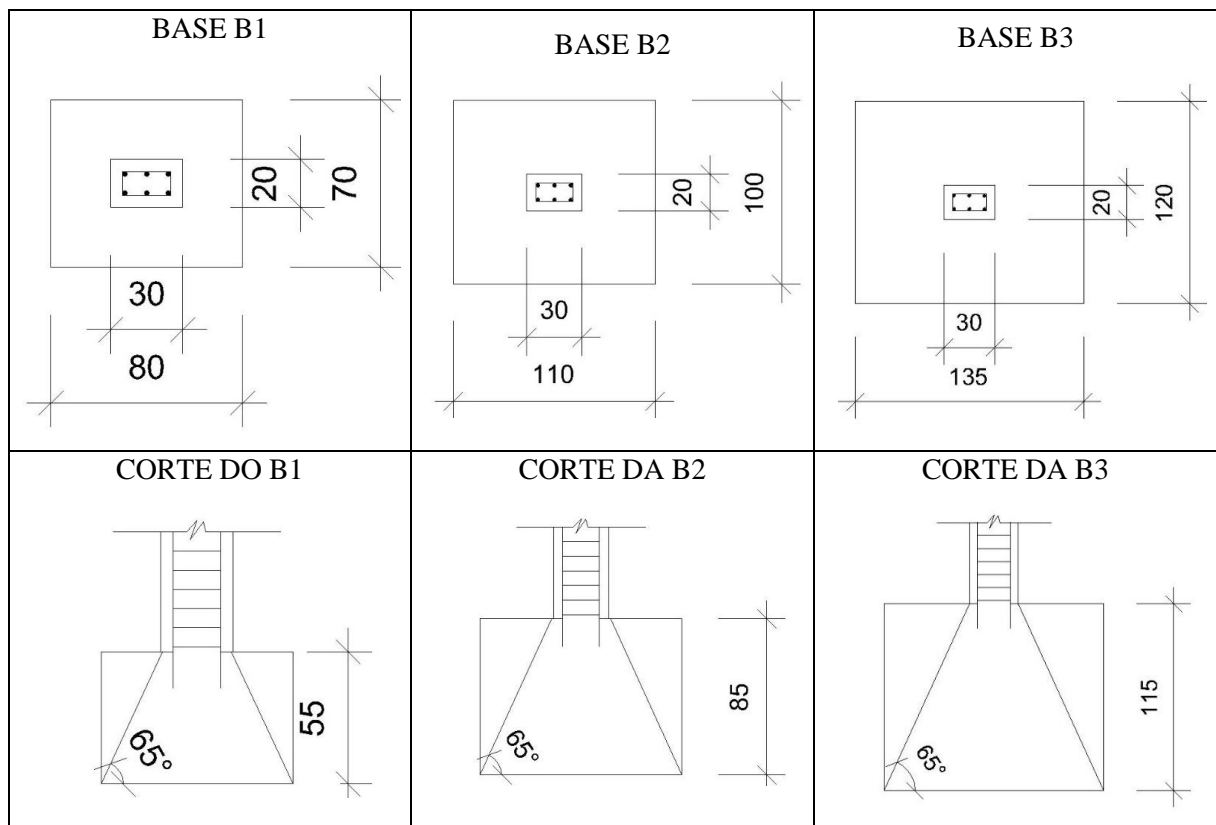
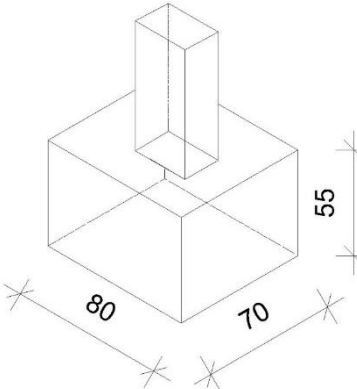
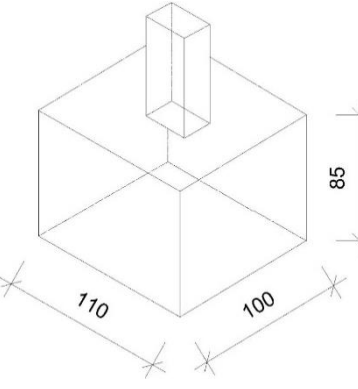
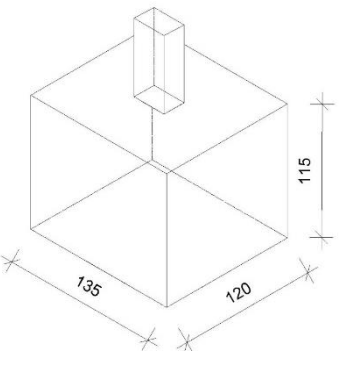


Tabela 11 - Detalhamento dos Blocos

(conclusão)

DETALHAMENTO 3D	DETALHAMENTO 3D	DETALHAMENTO 3D
 <p>(a) Bloco B-01</p>	 <p>(b) Bloco B-02</p>	 <p>(c) Bloco B-03</p>

Fonte: Próprio das Autoras (2021).

## 6 ORÇAMENTO

O comparativo dos custos das fundações propostas, é dado pela análise de preços orçados pelas Tabelas SINAPI (2021) e TCPO (2021), como mostrado na Tabela 12 para sapatas isoladas e na Tabela 13 para bloco.

Tabela 12 - Análise de Preços das Sapatas Isoladas

<b>SAPATA</b>	<b>S-01</b>	<b>S-02</b>	<b>S-03</b>
<b>Dimensão</b>	0,70 x 0,80	1,0 x 1,10	1,20 x 1,35
<b>Altura</b>	0,45m	0,45m	0,45m
<b>Area</b>	0,56 m <sup>2</sup>	1,10 m <sup>2</sup>	1,62 m <sup>2</sup>
<b>Volume (m<sup>3</sup>)</b>	0,32 m <sup>3</sup>	0,35 m <sup>3</sup>	0,51 m <sup>3</sup>
<b>Custo do serviço (SIMAP - 2021)</b>	R\$315,86	R\$522,65	R\$762,48
<b>Custo do serviço (TCPO - 2021)</b>	R\$366,43	R\$586,01	R\$855,70

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 13 - Análise de Preços dos Blocos

<b>BLOCO</b>	<b>B - 01</b>	<b>B - 02</b>	<b>B - 03</b>
<b>Dimensão</b>	0,70 x 0,80	1,0 x 1,10	1,2 x 1,35
<b>Altura</b>	0,55 m	0,86 m	1,15 m
<b>Area</b>	0,56 m <sup>2</sup>	1,10 m <sup>2</sup>	1,62 m <sup>2</sup>
<b>Volume</b>	0,31 m <sup>3</sup>	0,94 m <sup>3</sup>	1,86 m <sup>3</sup>
<b>Custo do serviço (SIMAP - 2021)</b>	R\$145,32	R\$425,11	R\$826,34
<b>Custo do serviço (TCPO - 2021)</b>	R\$178,06	R\$515,94	R\$998,61

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

As Tabelas 14, 15, 16 apresentam respectivamente o orçamento das sapatas isoladas S-01, S-02, S-03, são quantificados os insumos necessários na execução de tais fundações superficiais e totalizado seu custo referente aos valores expressos no bando de dados referencial SINAPI (2021).

Tabela 14 - Orçamento das sapatas, S – 01 utilizando a tabela SIMAP

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
96523	Escavação manual	R\$67,31	m <sup>3</sup>	0,52	R\$16,96
96535	Fabricação, montagem e desmontagem de forma	R\$128,29	m <sup>2</sup>	0,56	R\$71,84
966119	Lastro de concreto magro	R\$26,00	m <sup>2</sup>	0,56	R\$14,56
96546	Armação da sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm.	R\$14,46	Kg	6,85	R\$99,05
94969	Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5	R\$354,51	m <sup>3</sup>	0,32	R\$113,45
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$315,86</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 15 - Orçamento das sapatas, S – 02 utilizando a tabela SIMAP

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
96523	Escavação manual	R\$67,31	m <sup>3</sup>	0,50	R\$33,66
96535	Fabricação, montagem e desmontagem de forma	R\$128,29	m <sup>2</sup>	1,1	R\$141,11
966119	Lastro de concreto magro	R\$26,00	m <sup>2</sup>	1,1	R\$28,60
96546	Armação da sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm.	R\$14,46	Kg	13,50	R\$195,21
94969	Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5	R\$354,51	m <sup>3</sup>	0,35	R\$124,07
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$522,65</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 16 - Orçamento das sapatas, S – 03 utilizando a tabela SIMAP

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
96523	Escavação manual	R\$67,31	m <sup>3</sup>	0,73	R\$49,14
96535	Fabricação, montagem e desmontagem de forma	R\$128,29	m <sup>2</sup>	1,62	R\$207,83
966119	Lastro de concreto magro	R\$26,00	m <sup>2</sup>	1,62	R\$42,12
96546	Armação da sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm.	R\$14,46	Kg	19,55	R\$282,64
94969	Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5	R\$354,51	m <sup>3</sup>	0,51	R\$180,20
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$762,48</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

As Tabelas 17, 18, 19 apresentam respectivamente o orçamento das sapatas isoladas S-01, S-02, S-03, são quantificados os insumos necessários na execução de tais fundações superficiais e totalizado seu custo referente aos valores expressos no bando de dados referencial TCPO (2021).

Tabela 17 - Orçamento das sapatas, S – 01 utilizando a tabela TCPO

(continua)

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE E DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
3R322419 00001505	Escavação manual	R\$19,32	m <sup>3</sup>	0,252	R\$4,87
3R041214 00000200 9	Fabricação de forma	R\$145,93	m <sup>2</sup>	0,56	R\$81,72
3R041214 00000201 0	Montagem e desmontagem de forma	R\$14,44	m <sup>2</sup>	0,56	R\$8,09
341115170 0000015	Lastro de concreto magro	R\$40,04	m <sup>2</sup>	0,56	R\$22,42
2CO31207 1211	Armação da sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm.	R\$13,85	Kg	6,85	R\$94,87
3R042314 00000151 4	Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5	R\$482,70	m <sup>3</sup>	0,32	R\$154,46

Tabela 17 - Orçamento das sapatas, S – 01 utilizando a tabela TCPO

(conclusão)

	<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$366,43</b>
--	--------------------	------------------

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 18 - Orçamento das sapatas, S – 02 utilizando a tabela TCPO

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
3R322419 00001505	Escavação manual	R\$19,32	m <sup>3</sup>	0,50	R\$9,66
3R041214 000000200 9	Fabricação de forma	R\$145,93	m <sup>2</sup>	1,1	R\$160,52
3R041214 000000201 0	Montagem e desmontagem de forma	R\$14,44	m <sup>2</sup>	1,1	R\$15,88
341115170 0000015	Lastro de concreto magro	R\$40,04	m <sup>2</sup>	1,1	R\$44,04
2CO31207 1211	Armação da sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm.	R\$13,85	Kg	13,5	R\$186,97
3R042314 000000151 4	Concreto FCK = 15MPa, traço 1:3;4:3,5	R\$482,70	m <sup>3</sup>	0,35	R\$168,94
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$586,01</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 19 - Orçamento das sapatas, S – 03 utilizando a tabela TCPO

(continua)

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
3R322419 00001505	Escavação manual	R\$19,32	m <sup>3</sup>	0,73	R\$14,10
3R041214 000000200 9	Fabricação de forma	R\$145,93	m <sup>2</sup>	1,62	R\$236,41
3R041214 000000201 0	Montagem e desmontagem de forma	R\$14,44	m <sup>2</sup>	1,62	R\$23,39
341115170 0000015	Lastro de concreto magro	R\$40,04	m <sup>2</sup>	1,62	R\$64,86
2CO31207 1211	Armação da sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm.	R\$13,85	Kg	19,55	R\$270,77

Tabela 19 - Orçamento das sapatas, S – 03 utilizando a tabela TCPO

(conclusão)

<b>3R042314 000000151 4</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5</b>	R\$482,70	m <sup>3</sup>	0,51	R\$246,17
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$855,70</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

As Tabelas 20, 21, 22 apresentam respectivamente o orçamento dos blocos B-01, B-02, B-03, são quantificados os insumos necessários na execução de tais fundações superficiais e totalizado seu custo referente aos valores expressos no bando de dados referencial SINAPI (2021).

Tabela 20 - Orçamento dos blocos, B – 01 utilizando a tabela SIMAP

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
<b>96523</b>	<b>Escavação manual</b>	R\$67,31	m <sup>3</sup>	0,31	R\$20,86
<b>966119</b>	<b>Lastro de concreto magro, espessura de 5cm.</b>	R\$26,00	m <sup>2</sup>	0,56	R\$14,56
<b>94969</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5</b>	R\$354,51	m <sup>3</sup>	0,31	R\$109,90
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$143,32</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 21 - Orçamento dos blocos, B – 02 utilizando a tabela SIMAP

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
<b>96523</b>	<b>Escavação manual</b>	R\$67,31	m <sup>3</sup>	0,94	R\$63,27
<b>966119</b>	<b>Lastro de concreto magro, espessura de 5cm.</b>	R\$26,00	m <sup>2</sup>	1,10	R\$26,6
<b>94969</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,</b>	R\$354,51	m <sup>3</sup>	0,94	R\$333,24
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$425,11</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Tabela 22 - Orçamento dos blocos, B – 03 utilizando a tabela SIMAP

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
<b>96523</b>	<b>Escavação manual</b>	R\$67,31	m <sup>3</sup>	1,86	R\$125,20
<b>966119</b>	<b>Lastro de concreto magro, espessura de 5cm.</b>	R\$26,00	m <sup>2</sup>	1,62	R\$42,12
<b>94969</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5</b>	R\$354,51	m <sup>3</sup>	1,86	R\$659,02
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$826,34</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

As Tabelas 23, 24, 25 apresentam respectivamente o orçamento dos blocos B-01, B-02, B-03, são quantificados os insumos necessários na execução de tais fundações superficiais e totalizado seu custo referente aos valores expressos no bando de dados referencial SINAPI (2021).

Tabela 23 - Orçamento dos blocos, B – 01 utilizando a tabela TCPO

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
<b>3R32241900001505</b>	<b>Escavação manual</b>	R\$19,32	m <sup>2</sup>	0,31	R\$6,0
<b>341115170000015</b>	<b>Lastro de concreto magro, espessura de 5cm.</b>	R\$40,04	m <sup>2</sup>	0,56	R\$22,42
<b>3R042314000001514</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5</b>	R\$482,70	m <sup>3</sup>	0,31	R\$149,64
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$178,06</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)



Tabela 24 - Orçamento dos blocos, B – 02 utilizando a tabela TCPO

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
<b>3R32241900001505</b>	<b>Escavação manual</b>	R\$19,32	m <sup>2</sup>	0,94	R\$18,16
<b>341115170000015</b>	<b>Lastro de concreto magro, espessura de 5cm.</b>	R\$40,04	m <sup>2</sup>	1,1	R\$40,04
<b>3R042314000001514</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5</b>	R\$482,70	m <sup>3</sup>	0,94	R\$453,74
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$515,94</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

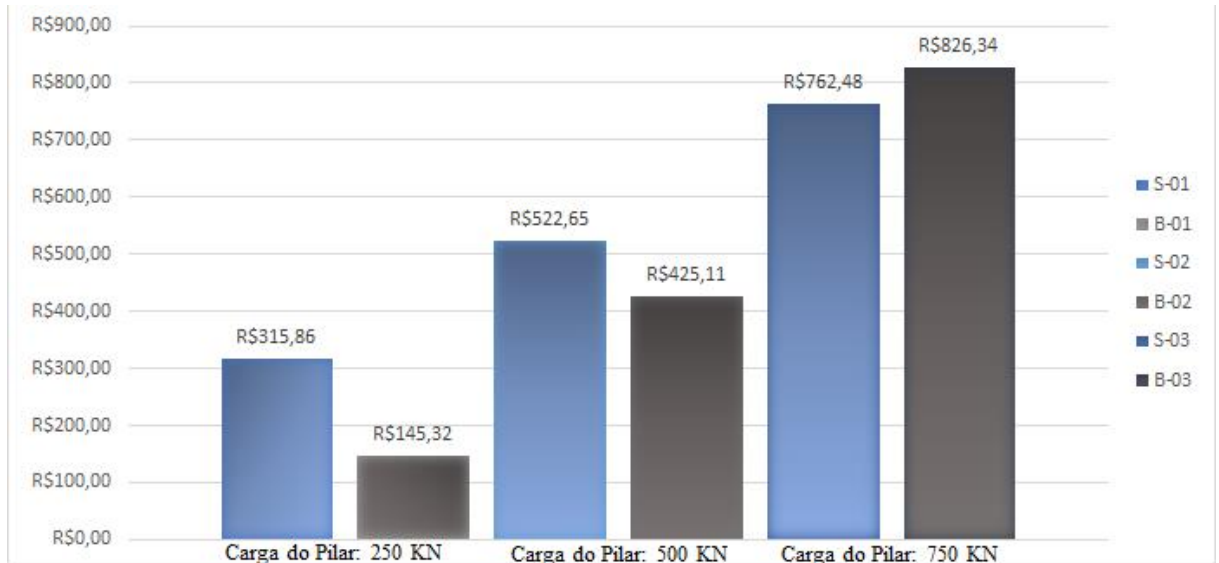
Tabela 25 - Orçamento dos blocos, B – 03 utilizando a tabela TCPO

<b>CÓDIGO DO ITEM</b>	<b>DESCRIÇÃO DO SERVIÇO</b>	<b>CUSTO FIXO UNITÁRIO</b>	<b>UNIDADE DE MEDIDA</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>CUSTO TOTAL DO SERVIÇO</b>
<b>3R32241900001505</b>	<b>Escavação manual</b>	R\$19,32	m <sup>2</sup>	1,86	R\$35,93
<b>341115170000015</b>	<b>Lastro de concreto magro, espessura de 5cm.</b>	R\$40,04	m <sup>2</sup>	1,86	R\$64,86
<b>3R042314000001514</b>	<b>Concreto FCK = 15MPA, traço 1:3;4:3,5</b>	R\$482,70	m <sup>3</sup>	1,86	R\$894,82
				<b>CUSTO TOTAL</b>	<b>R\$998,61</b>

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

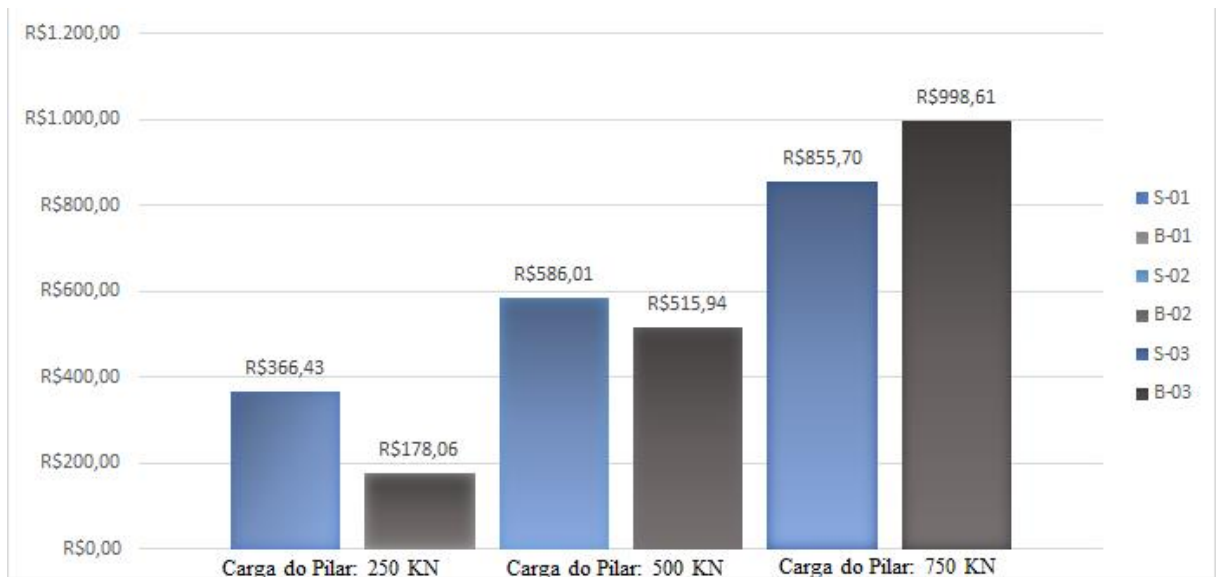
O custo total das tabelas anteriores é expresso pelo Gráfico 01, para valores orçados pelo banco de dados da Caixa e pelo Gráfico 02, para valores orçados pelo banco de dados da Pini.

Figura 28 - Comparativo de custos entre sapata e bloco utilizando a tabela de orçamento SIMAP – 2021



Fonte: Próprio das Autoras (2021)

Figura 29 - Comparativo de custos entre sapata e bloco utilizando a tabela de orçamento TCPO – 2021



Fonte: Próprio das Autoras (2021)

A literatura de Belina e Moraes (1976) afirma que em relação a sapatas isoladas os blocos são economicamente mais viáveis para carga do pilar de até 500KN. Tal afirmação é comprovada pelos dados apresentados nos gráficos 01 e 02, onde em ambos bancos de dados orçamentistas, é apresentado um valor mais elevado para sapatas que suportam as cargas de 250KN e 500KN. Entretanto para o esforço solicitante do pilar de 750KN o bloco apresenta um maior custo.

Orçado pela base de dados SINAPI, para a carga do pilar de 250KN o emprego da sapata isolada representa um custo de 54% a mais que o bloco. Para a carga de pilar de 500KN a diferença entre o custo da sapata isolada e do bloco diminui significativamente, entretanto a sapata isolada ainda apresenta maior valor, custando 19% a mais que o bloco. Contudo, para a carga de 750 KN o custo benefício se inverte, tornando o bloco um custo de 8% a mais a sapata isolada.

Com os dados coletados pela TCPOweb, para carga do pilar de 250KN a sapata isolada apresenta um custo de 51% maior que o bloco. Assim como o valor orçado pela tabela SINAPI a diferença de custo entre bloco e sapata isolada calculado diminui, entretanto revela que a sapata isolada representa um custo de 12% a mais que o bloco. Para a carga do pilar de 750KN, os valores calculados expressam que o bloco apresenta um custo de 14% mais elevado que a sapata isolada.

Os resultados apresentados ocorrem pela relação entre a carga e o custo de concretagem. Os blocos por não necessitarem de armadura, requerem um maior consumo de concreto, que resulta em um aumento significativo no seu preço o tornando inviável para suportar grandes cargas.

## 7 CONCLUSÃO

O orçamento revelou o custo de cada material utilizado na execução das fundações rasas estudadas, a partir da análise dos custos é possível averiguar a interferência da carga vertical do pilar no custo da fundação. Onde, para blocos. As cargas maiores representam um aumento significativo no consumo de concreto. Contudo em sapatas o aumento da carga não representa um acréscimo tão expressivo na quantidade de concreto necessário.

A relação de custo benefício entre sapata isolada e bloco muda de acordo com a necessidade de resistência de cada elemento. Torna-se notável a economia na adoção do bloco em detrimento da sapata isolada para cargas verticais com até 500kN. Assim, conclui-se que em empreendimentos com esforço solicitante do pilar superiores a 750k é mais econômico o emprego de sapatas isoladas.

Tal resultado é expresso segundo as bases orçamentárias, onde através da tabela SINAP a sapata isolada 01 mostrou-se 54% mais cara que o bloco 01 para a carga de 250 kN. Para a carga de 500 kN a diferença entre o custo da sapata 02 e do bloco 02 diminuiu, entretanto a sapata 02 ainda representa um custo mais expressivo sendo 19% mais cara que o bloco 02. Em detrimento ao aumento da carga e ao consumo de concreto o bloco 03 para a carga de 700kN revelou-se mais onerosa que a sapata 03, representando um custo de 8% a mais.

O orçamento calculado através da tabela TCPOweb confirmou os resultados obtidos através pela base orçamentária SINAP, comprovou-se que a carga de 250kN o bloco 01 é a opção mais econômica representando um custo de 15% menor que a sapata 01. O emprego sapata 02 para a carga de 500kN, continua sendo a opção mais onerosa representando um aumento de 12% em relação ao uso do bloco 02. Assim como comprovando a literatura de Belina e Moraes (1976), o orçamento revelou que para a carga de 700 kN o bloco 03 representa um maior gasto, sendo 14% mais caro que a sapata 03.

É sugerido a trabalhos futuros o comparativo de custo quando analisando o custo de blocos e sapatas isoladas para cargas maiores, sendo considerado o emprego de blocos escalonados.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, U. R. - **Previsão e Controle das Fundações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1991.
- ALVES & RESENDE, **Comparativo de custo material entre estaca escavada e sapata isolada**, Goianésia; 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122:2019 - **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484:2020 – **Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro.
- BASTOS, Prof. Dr. Paulo Sergio dos Santos. **Sapatas de Fundação**. 2016. 125 f. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista Unesp, Bauru, 2016. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto3/Sapatas.pdf>>. Acesso em: 29/05/2021.
- BERBERIAN, D. **Engenharia de fundações**. 35°. ed. BRASÍLIA - DF: UNB, 2012.
- BERBERIAN, D. **Curso Fundações Professor Dickran Berberian - aula 01 dia 23/03/2015**. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=\\_KlnY4b4O90](https://www.youtube.com/watch?v=_KlnY4b4O90)> Acesso em: 02/06/2021.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro, 1988. 6° edição, vol 1.
- CINTRA, J. C.; AOKI, N.; ALBIERO, J. H. (2011); **Fundações diretas: Projeto geotécnico**; Oficina de Textos; São Paulo; 109-110 p, 63-64 p.
- CINTRA, J.C.A; AOKI, N; ALBIERO, J. H . (2003) - **Tensões admissíveis em fundações diretas**. Ed. Rima, São Carlos – Sp.
- CINTRA, J.C.A.; AOKI, N. **Fundações por estacas**. São Paulo, Oficina de Textos. 2010.
- CONSTRU FACIL RJ. **Tipos de fundação de Edifícios**. Disponível em: <<https://construfacilrj.com.br/tipos-de-fundacoes-de-edificios/>> Acesso em: 01/06/2021
- CONSTRUÇÃO CIVIL TIPS. **Fundações blocos e alicerces**. Disponível em: <<https://construociviltips.blogspot.com/2012/01/fundacoes-blocos-e-alicerces.html>> 2012. Acesso em: 01/06/2021
- COSTA, Maria Leticia; PAZ, Anna Maria. **Execução de Fundações do tipo rasa com foco em sapata e suas variações**. Fortaleza, Ceará. 2018. Curso de Especialização, Unilins, Sao Paulo, 2006.
- COSTA, Walter Duarte. **Geologia de Barragens**. São Paulo: Oficina de Textos,2012

DÉCOURT, L & QUARESMA, A. R. **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT**. Anais, VI CBMSEF, Rio de Janeiro, 1978. vol.1.

DECOURT, L; QUARESMA, A. R. (1978); **Capacidade de carga de estacas a partir de valores SPT**. In: **Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações**, Rio de Janeiro;

DELALIBERA, Rodrigo Gustavo. **Tópicos especiais em concreto armado**. 2006. 44 f. - Disponível em: <<https://azdoc.tips/documents/57847881-apostila-introducao-estruturas-de-fundacoes-5c13df731a0c2>>. Acesso em: 29/05/2021.

DIRECTIVA ENGENHARIA. **Bloco de fundação**. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <<https://directiva.eng.br/servico/bloco-de-fundacao-2/bloco-de-fundacao-3/>> Acessado em: 31/05/2021

FAZ FACIL. **Sapatas na Construção da Casa ou Prédio**. Disponível em: <<https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/sapatas-da-construcao/>> Acesso em: 01/06/2021

FILHO, Edgar Pereira. **Sondagem a percussão metodologia executiva**. Notas de Aula, Montes Claro - MG. Disponível em: <<https://www.apl.eng.br/artigos/2016-METODOLOGIA-EXECUTIVA-SONDAGEM-PERCUSSAO-SPT.pdf>> Acesso em: 28/05/2021

FILHO, Wilson Menezes de Melo. **Estudo comparativo de composições de preço unitário dos sistemas Sinapi-Caixa Econômica Federal**. Belo Horizonte, 2016.

GRUPO ALPES. **Blocos de Fundação**, Indaiatuba - SP. 2021. Disponível em: <<https://grupoalps.com.br/servicos-de-engenharia-fundacoes-terraplanagem-indaiatuba/>>, Acesso em: 30/05/2021

JOPPERT JR, I., A. **Fundações e Contensões de Edifícios: Qualidade Total na Gestão do Projeto e Execução**. São Paulo: Ed. Pini, 2007.

Lucas Retondo, Tipos de Fundações: Sapata Isolada. Disponível em: <<https://construindocasas.com.br/blog/construcao/sapata-isolada/>> Acesso em: 29/05/2021.

MELLO, Victor F. B. **Deformações como Base fundamental de escolha da fundação**. **Revista Geotecnia**, 5 (12), Fev.-Mar 1975, páginas 55-75

PEREIRA, Caio. **Noções básicas de Fundações**, 2017. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/nocoas-basicas-de-fundacoes/>>. Acesso em: 29/05/2021.

PEREIRA. Caio. **Sapatas de fundação**, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/sapatas-de-fundacao/>>. Acesso em: 29/05/2021.

REBELLO, Yopanan C.P. **Guia Prático de Projeto, Execução e Dimensionamento**. Ed Zigurate, São Paulo, 2008.

SCHNAID & ODEBRECHT, **Ensaio de Campo e suas Aplicações à engenharia de fundações**. Oficina de Textos, São Paulo (2000).

SINAP. **Referências de preços e custos**. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/paginas/default.aspx>> Acesso em: 04/11/2021.

SOARES, GABRIELA PALMA. **Dimensionamento de fundações rasas e profundas: estudo de casos no município de Teófilo Otoni- mg**. Teófilo Otoni, 2018.

TEIXEIRA, Alberto Henriques; GODOY, Nelson Silveira. **Fundações: Teoria e Prática, Análise, Projeto e Execução de Fundações Rasas**. 2. ed. Sao Paulo - Sp: Pini Ltda, 1998.

TCPO WEB. Disponível em:<<https://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>> Acesso em: 04/11/2021.

TSCHEBOTARIOFF, G.P., **Retaining Structures**. In: Foundation Engineering, edited by G.A. Leonards, McGraw-Hill Book Co., 1962.

Schnneider Nelso, **Bulbo de Tensões: O guia completo**, 2018. Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/bulbo-de-tensoes/>> Acesso em: 01/06/2021

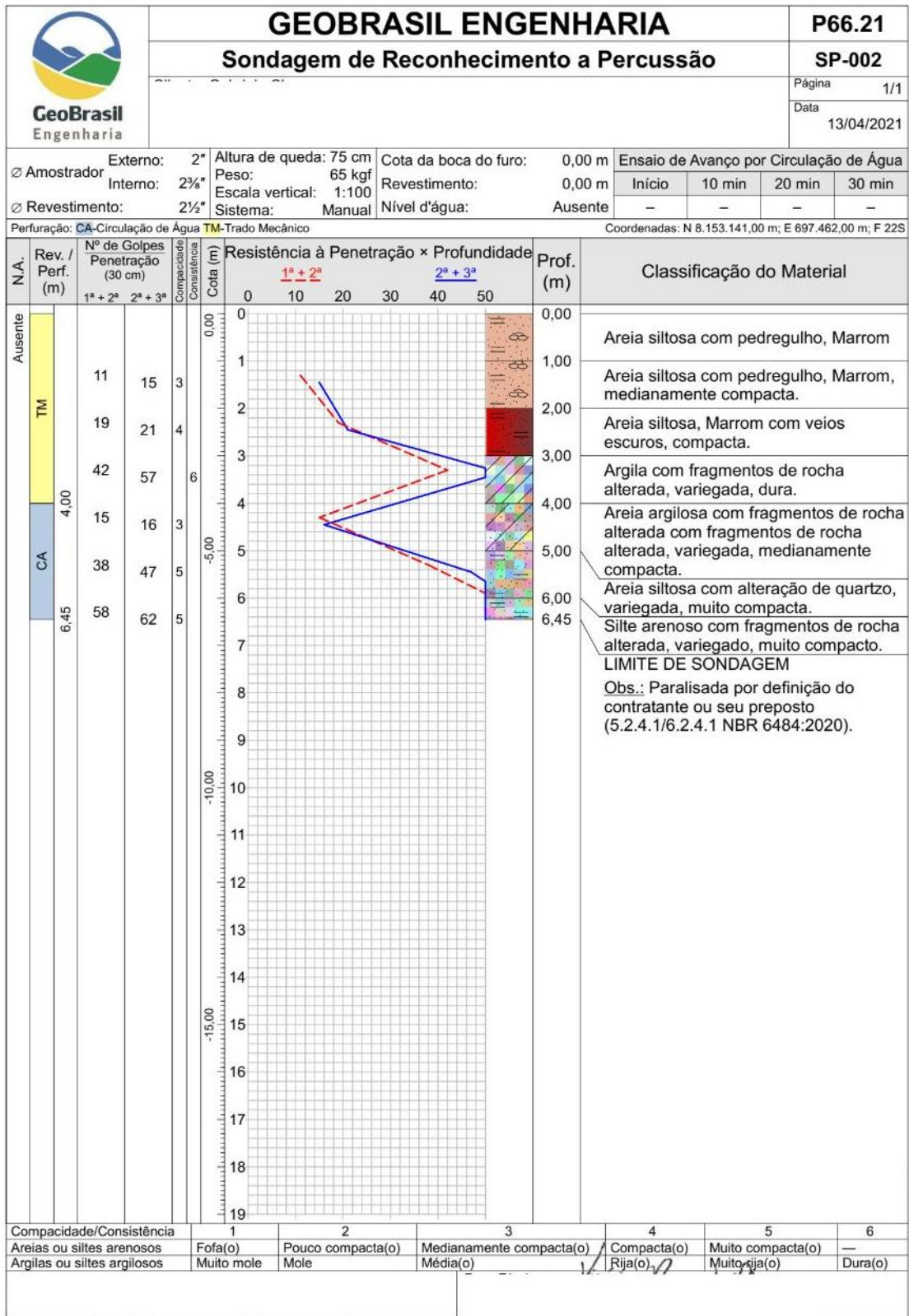
TONHÁ, Antônio Carlos Ferreira. **Capacidade de Carga de Fundações e Verificação de Recalques a Partir de Parâmetros do ensaio Panda 2 e de outros ensaios In Situ**, Goiânia,2016.

UNDER STAND CONSTRUCTION. **Types of foundations**. Disponível em: <<http://www.understandconstruction.com/types-of-foundations.html>> Acesso em: 01/06/2021

VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. **Fundações**. Rio de Janeiro, Coppe/Ufreg. (1996).

VELLOSO, Dirceu de Alencar; RESENDE, Francisco. **Fundações: Critérios de Projeto - Investigação de Subsolo - Fundações Superficiais**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2010.

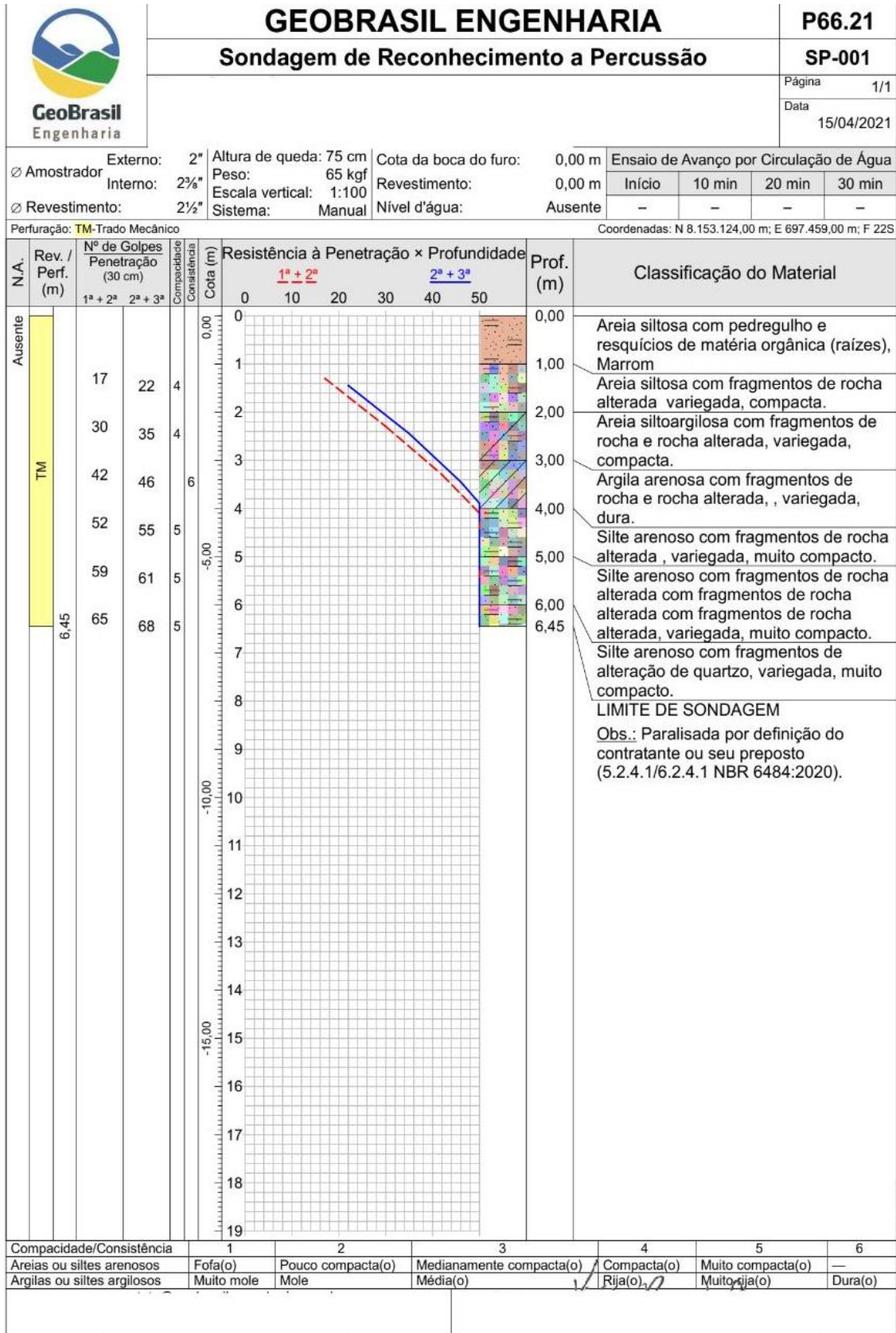
ANEXO A - LAUDO DE SONDAGEM SPT 002



CONFORME NBR 6484:2020



ANEXO B - LAUDO DE SONDAGEM SPT 001



## ANEXO C – K DE BERBERIAN

Classe	Descrição	K berberian
Areias	Areia Muito pouco siltosa	5,7
	Areia pouco siltosa	5,9
	Areia siltosa	6,0
	Areia muito siltosa	6,2
	Areia silto argilosa	6,2
	Areia muito pouco argilosa	5,9
	Areia pouca argilosa	6,2
	Areia argilosa	6,4
	Areia muito argilosa	5,6
	Areia Argilo Siltosa	5,3
	Areia	5,7
Argilas	Argila	6,7
	Argila muito pouco arenosa	6,6
	Argila pouco arenosa	6,2
	Argila Arenosa	5,7
	Argila muito Arenosa	5,7
	Argila Areno siltosa	5,6
	Argila muito pouco siltosa	6,2
	Argila pouco siltosa	5,2
	Argila Siltosa	6,2
	Argila muito siltosa	5,7
	Argila silto arenosa	4,3
	Turfa	0,0

Siltes	Silte	6,0
	Silte muito pouco arenoso	5,7
	Silte pouco arenoso	5,7
	Silte arenoso	4,3
	Silte muito arenoso	5,6
	Silte areno argiloso	5,9
	Silte muito pouco argiloso	6,2
	Silte pouco argiloso	5,9
	Silte muito argiloso	6,2
	Silte argilo arenoso	6,4

## APÊNDICE A - CALCULO DA CAPACIDADE DE CARGA

1° Passo - escolher a profundidade de assentamento: 1,5m

2° Passo - calcular a Zona de Plastificação

$$Z_p = 1,5 \times B(\text{menor lado da base}) \quad (2)$$

$$Z_p = 1,5m$$

3° Passo - calcular o  $NSPT_{Médio}$

$$NSPT_{Médio} = \frac{X + Y}{2} \quad (3)$$

$$NSPT_{Médio} = \frac{22 + 35}{2}$$

$$NSPT_{Médio} = 28,5$$

4° Passo - anotar o tipo de solo encontrado

Solo: Areia siltosa com fragmentos de rocha alterada, variegada compacta.

5° Passo – Calcular as pressões admissíveis pelos metodos:

- Milton Vargas (1960)

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{72}}{k} \quad (24)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{28,5}{5,5}$$

$$\sigma_{adm} = 518 \text{ kPa}$$

- Albiero e Cintra (1996)

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{72}}{0,05} \quad (25)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{28,5}{0,05}$$

$$\sigma_{adm} = 570 \text{ kPa}$$

- Victor de Mello (1975)

$$\sigma_{adm} = 100 \sqrt{N_{72}} - 1 \quad (23)$$

$$\sigma_{adm} = 100 \sqrt{16} - 1$$

$$\sigma_{adm} = 387,3 \text{ kPa}$$

- Berberian (2016)

$$\sigma_{adm} = \frac{N_{72}}{K_{Berberian}} \quad (26)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{28,5}{6}$$

$$\sigma_{adm} = 475 \text{ kPa}$$

5° Passo - Calcular o  $NSPT_{Médio}$

$$NSPT_{Médio} = \frac{518 + 570 + 387,3 + 475}{4} \quad (27)$$

$$NSPT_{Médio} = 487,57$$

- Limite Inferior = o  $NSPT_{Médio} \times 0,7$

$$Lim_{inf} = 487,57 \times 0,7$$

$$Lim_{inf} = 341,30$$

- Limite Superior =  $NSPT_{Médio} \times 1,3$

$$Lim_{sup} = 487,57 \times 1,3$$

$$Lim_{sup} = 633,84$$

## APÊNDICE B – CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO GEOMETRICO DA SAPATA ISOLADA S-01

Dados Importantes:

- Cargas utilizadas: 250kN, 500kN e 750kN
- Dimensão do Pilar: 20×30 (cm)

1º Passo - Calcular a area da Sapata

$$A = \frac{P \times pp}{\sigma} \quad (2)$$

$$A = \frac{250 \times 1,05}{487,57}$$

$$A = 0,54 \text{ m}^2$$

- Dimensões de A e B

$$\begin{cases} A - a_0 = B - b_0 \\ Area = A \times B \end{cases} \quad (3)$$

$$A - 30 = B - 20$$

$$A = B + 10$$

- Substituindo os dados

$$50 = (B + 10) \times B$$

$$B^2 + 10B - 50 = 0$$

- Substituindo os dados

$$\Delta = b^2 - 4 \times a \times c$$

$$\Delta = 2,17$$

- Substituindo os dados

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2 \times a}$$

$$X' = A = 0,80 \text{ m}$$

$$X'' = B = 0,70 \text{ m}$$

2° Passo - Calcular a altura da Sapata

$$H = \frac{a - a_0}{3} \quad (4)$$

$$H = \frac{0,80 - 0,30}{3}$$

$$H = 0,17m$$

- Foi considerado  $H = 0,20$  m

3° Passo - Calcular a altura do rodapé

$$H_0 = \frac{H}{3} \quad (5)$$

$$H_0 = \frac{0,20}{3}$$

$$H_0 = 0,07m$$

- Foi considerado  $H_0 = 0,15m$

Abaixo se encontra os dados do dimensionamento geométrico de todas as sapatas Isoladas.

Tabela 7 - Resultados do Dimensionamento geométrico das Sapatas isoladas

<b>PARÂMETROS</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>S-01</b>	<b>S-02</b>	<b>S-03</b>
Área	Eq. 2	0,54 m <sup>2</sup>	1,08m <sup>2</sup>	1,62m <sup>2</sup>
Lado A	Eq. 3	0,80 m	1,10m	1,35m
Lado B	Eq. 3	0,70 m	1,00m	1,20m
Altura (H)	Eq. 4	0,45 m	0,45 m	0,45 m
Rodapé ( $H_0$ )	Eq. 5	0,15 m	0,15 m	0,15 m

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

## APÊNDICE C - CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DAS TENSÕES DA SAPATA ISOLADA S-01

Dados Importantes:

- FCK do concreto: 15 MPa
- Tipo de aço: CA-50
- Bitola: Ø 10mm
- Cobrimento: 5cm

1º Passo - Calcular o comprimento de ancoragem

$$Lb = H - \text{cobrimento} - \frac{\phi_{long}}{2} \quad (12)$$

$$Lb = 25 - 5 - \frac{1}{2}$$

$$Lb = 19,5 \text{ cm}$$

- $37\text{cm} \leq 19,5$  portando não passou na verificação, a fim de verificar foi adotado  $H = 45\text{cm}$

2º Passo - Calcular o novo comprimento de ancoragem

$$Lb = H - \text{cobrimento} - \frac{\phi_{long}}{2} \quad (12)$$

$$Lb = 45 - 5 - \frac{1}{2}$$

$$Lb = 39,5\text{cm}$$

3º Passo - Calcular a tensão de cisalhamento solicitada

$$Tsd = \frac{Nk}{\mu \times Lb} \quad (13)$$

$$Tsd = \frac{250}{2 \times (0,20 \times 0,30) \times 0,395}$$

$$Tsd = 632,21 \text{ kPa}$$



4° Passo - Calcular a tensão de cisalhamento resistida

$$Trd = 0,27 \times \left(1 - \frac{FCK}{250}\right) \times \frac{FCK}{1,14} \quad (14)$$

$$Trd = 0,27 \times \left(1 - \frac{15}{250}\right) \times \frac{15}{1,14}$$

$$Trd = 2720$$

- $632,91 \leq 27,20$  atendeu ao critério estabelecido portanto agora será feito o calculo das armaduras.

Abaixo se encontra os dados da tensão de cisalhamento de todas as sapatas Isoladas.

Tabela 26 - Dimensionamento da armadura

PARÂMETROS	EQUAÇÃO	S-01	S-02	S-03
Tensão de Cisalhamento ( $\tau_{sd}$ )	Eq. 13	632,21 kPa	1265,82 kPa	1898,73 kPa
Resistência ao Cisalhamento ( $\tau_{rd}$ )	Eq. 14	2720 kPa	2720 kPa	2720 kPa

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

**APÊNDICE D - CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA  
SAPATA ISOLADA S-01**

1° Passo - Calcular o esforço de tração

$$Tx = \frac{1,1 \times NK}{8} \times \frac{x - x_0}{Lb} \quad (16)$$

$$Ta = \frac{1,1 \times NK}{8} \times \frac{0,8 - 0,3}{0,395}$$

$$Ta = 43,51$$

$$Tb = \frac{1,1 \times 250}{8} \times \frac{0,7 - 0,20}{0,395}$$

$$Tb = 43,51$$

2° Passo - Calcular a área de aço

$$As,x = \frac{Tx}{fyK} \times 1,61 \times 10 \quad (12)$$

$$As,a = \frac{43,51}{500} \times 1,61 \times 10$$

$$As,a = 1,40cm^2$$

3° Passo - Calcular o número de barras

$$n^\circ \text{ barras} = \frac{As,x}{As \text{ unitária}} \quad (13)$$

$$n^\circ \text{ barras} = \frac{1,40}{0,785}$$

$$n^\circ \text{ barras} = 1,78 \text{ ou seja } 2 \text{ Barras}$$

4° Passo - Calcular o espaçamento

$$Esp = \frac{A - (cob \times 2)}{n^\circ \text{ barras} - 1} \quad (14)$$

$$Esp = \frac{80 - (5 \times 2)}{2 - 1}$$

$$Esp = 70cm$$

O espaçamento deve ser entre 10 a 20 cm, o valor encontrado não atende ao critério exigido portando foi feito um ajuste utilizando a formula da área mínima de aço.

- Novo Detalhamento da Armadura

1º Passo - Calcular a área de aço mínima

$$As_{min} = \frac{0,15}{100} \times a \times H(\text{lado A}) \quad (16)$$

$$As_{min} = \frac{0,15}{100} \times 80 \times 45$$

$$As_{min} = 5,70 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{0,15}{100} \times b \times H(\text{lado B}) \quad (17)$$

$$As_{min} = \frac{0,15}{100} \times 70 \times 45$$

$$As_{min} = 4,73 \text{ cm}^2$$

2º Passo - Calcular o número de barras

$$\text{n}^\circ \text{ barras} = \frac{As, x}{As \text{ unitária}} \quad (13)$$

$$\text{n}^\circ \text{ barras (lado A)} = \frac{5,40}{0,785}$$

$$\text{n}^\circ \text{ barras (lado A)} = 6,88 \text{ ou seja } 7 \text{ Barras}$$

$$\text{n}^\circ \text{ barras (lado B)} = \frac{4,73}{0,785}$$

$$\text{n}^\circ \text{ barras (lado B)} = 6,03 \text{ ou seja } 6 \text{ Barras}$$

3º Passo - Calcular o espaçamento

$$Esp = \frac{A - (cob \times 2)}{\text{n}^\circ \text{ barras} - 1} \quad (14)$$

$$Esp(\text{lado A}) = \frac{80 - (5 \times 2)}{7 - 1}$$

$$Esp(\text{lado A}) = 11,65 \text{ cm}$$

$$Esp(\text{lado B}) = \frac{70 - (5 \times 2)}{6 - 1}$$

$$Esp(\text{lado A}) = 12 \text{ cm}$$

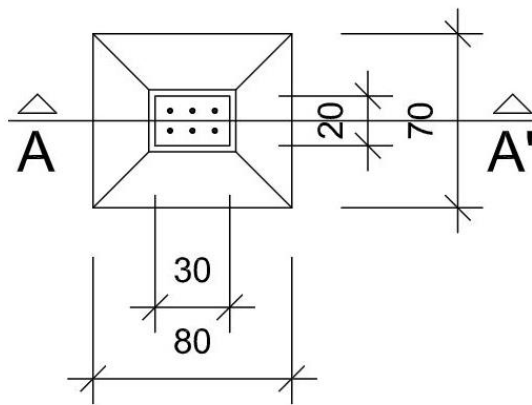
Abaixo se encontra os dados do detalhamento da armadura de todas as sapatas Isoladas.

Tabela 27 - Detalhamento da armadura

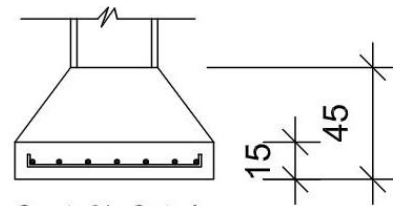
<b>PARÂMETROS</b>	<b>LADO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>S-01</b>	<b>S-02</b>	<b>S-03</b>
Esforço de Tração (tx)	<b>A</b>	Eq. 16	43,51KN	139,24 KN	274,13 KN
	<b>B</b>	Eq. 17			261,08 KN
Área de Aço (As,x)	<b>A</b>	Eq. 12	1,40 cm <sup>2</sup>	4,48 cm <sup>2</sup>	5,48 cm <sup>2</sup>
	<b>B</b>				5,22 cm <sup>2</sup>
Área de Aço mínima (As,min)	<b>A</b>	Eq. 16	5,4 cm <sup>2</sup>	7,43 cm <sup>2</sup>	9,11 cm <sup>2</sup>
	<b>B</b>	Eq. 17	4,73 cm <sup>2</sup>	6,75 cm <sup>2</sup>	8,10 cm <sup>2</sup>
Nº de Barras (x)	<b>A</b>	Eq. 13	7	10	12
	<b>B</b>		6	9	11
Espaçamento Maior ( <i>Esp<sub>maior</sub></i> )	<b>A</b>	Eq. 14	11,65 cm	11,11 cm	11,25 cm
Espaçamento Menor ( <i>Esp<sub>menor</sub></i> )	<b>B</b>	Eq. 15	12 cm	11,25 cm	10,90 cm

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

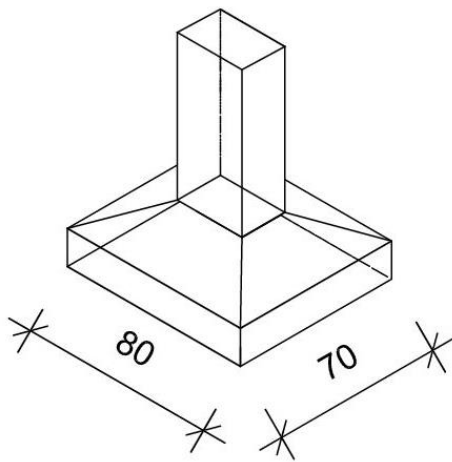
**APÊNDICE E – DETALHAMENTO DA SAPATA ISOLADA 01**



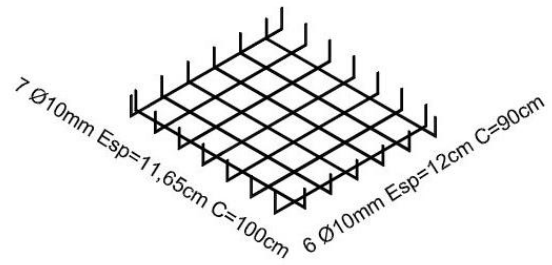
Sapata 01



Sapata 01 - Corte A



Sapata 01



Sapata 01 - Armadura

TÍTULO: DETALHAMENTO SAPATA 01

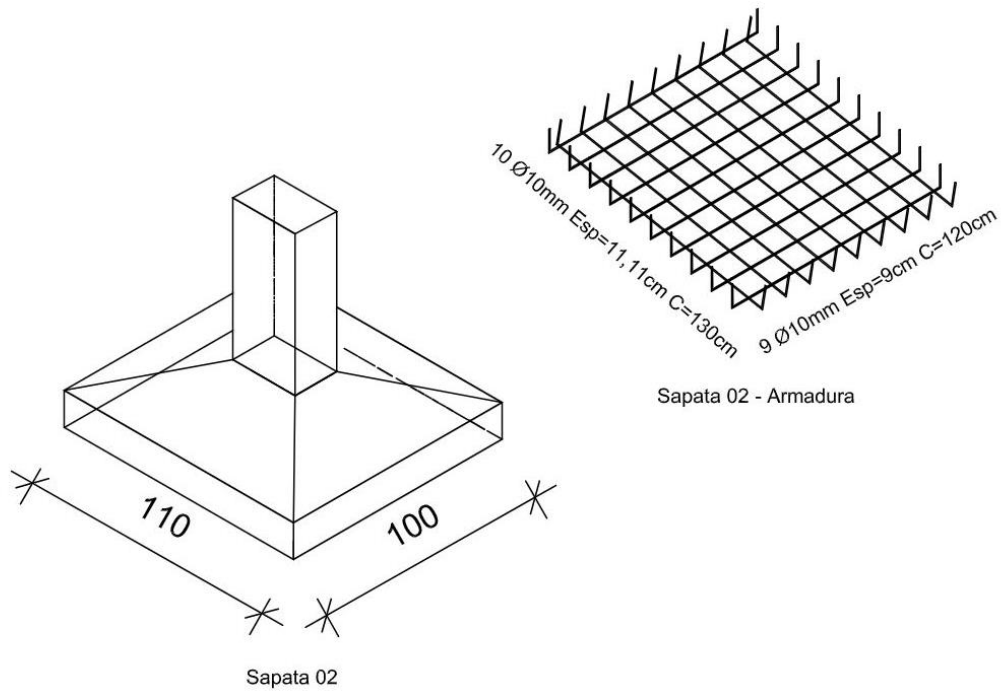
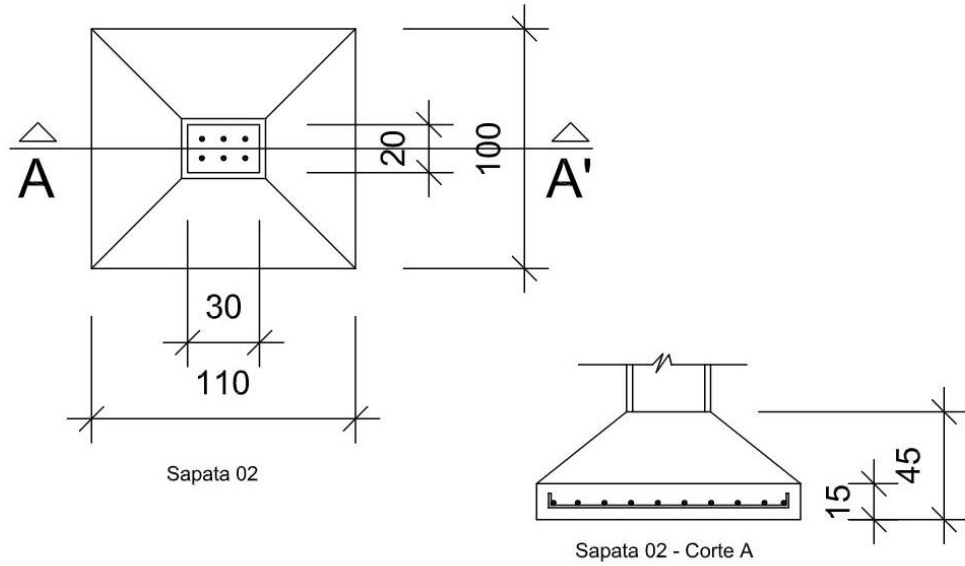
AUTORES: ARIANA GENON COSTA  
NATÁLIA ROSA MAIA

ESCALA: 1/25

FOLHA: 04/06

DATA: OUTUBRO/2021

## APÊNDICE F – DETALHAMENTO DA SAPATA ISOLADA 02



TÍTULO: DETALHAMENTO SAPATA 02

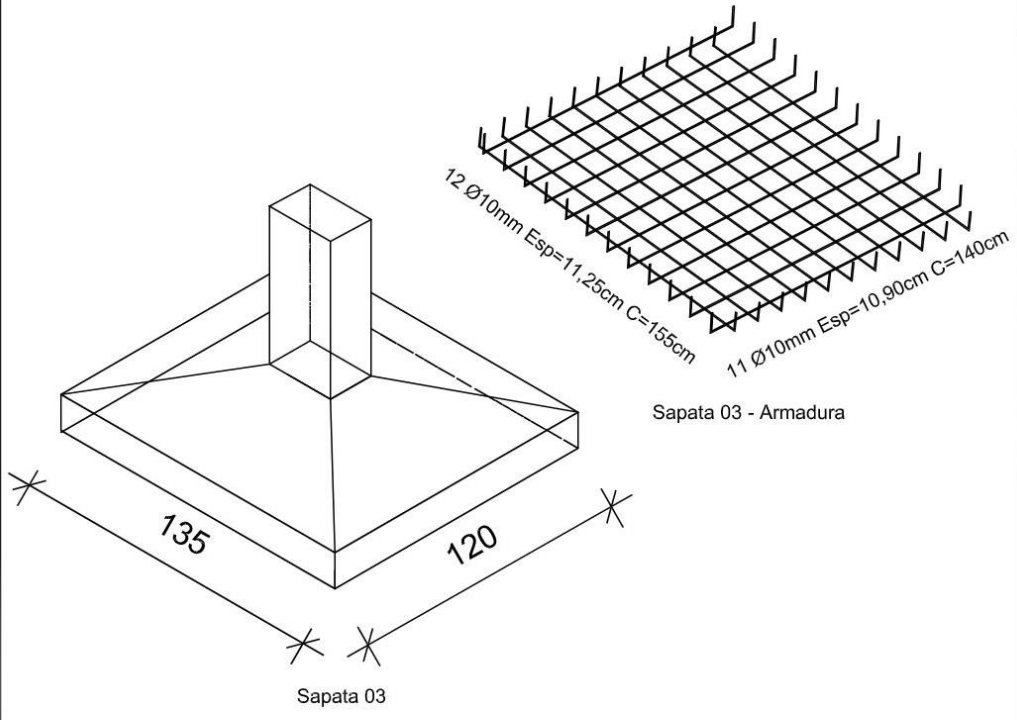
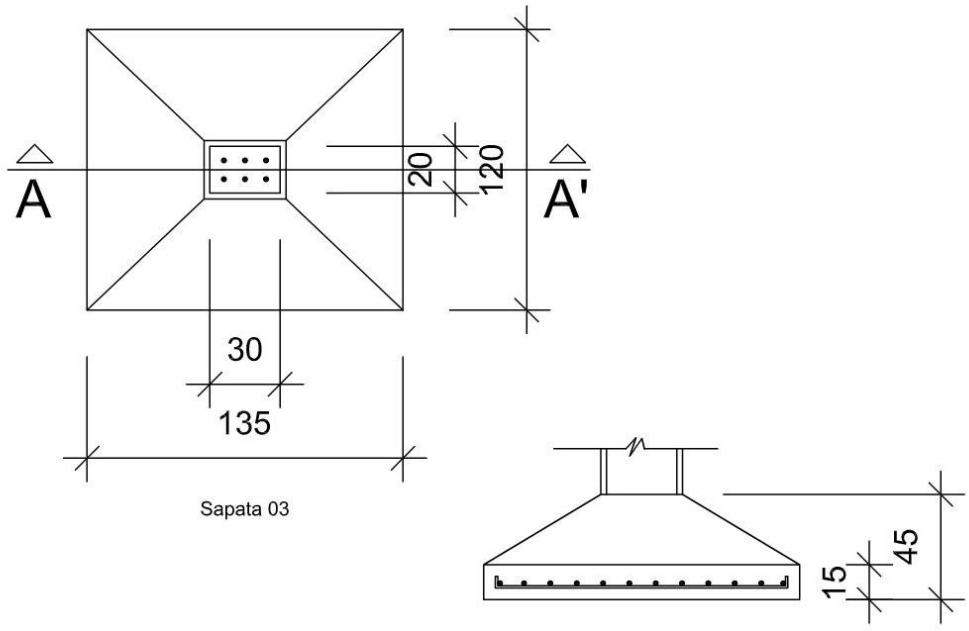
AUTORES: ARIANA GENON COSTA  
NATÁLIA ROSA MAIA

ESCALA: 1/25

FOLHA: 05/06

DATA: OUTUBRO/2021

APÊNDICE G - DETALHAMENTO DA SAPATA ISOLADA 03



TÍTULO:	DETALHAMENTO SAPATA 03	
AUTORES:	ARIANA GENON COSTA	ESCALA: 1/25
	NATÁLIA ROSA MAIA	FOLHA: 06/06
		DATA: OUTUBRO/2021

## APÊNDICE H - CÁLCULO DA CAPACIDADE DE CARGA DOS BLOCOS

Bloco 01

Dados Importantes:

- Carga: 250 kN
- Área: 0,53 m<sup>2</sup>

1º Passo - Calcular a tensão admissível de tração do concreto ( $\sigma_t$ )

$$\sigma_t = \frac{f_{cK}}{25} \quad (24/27)$$

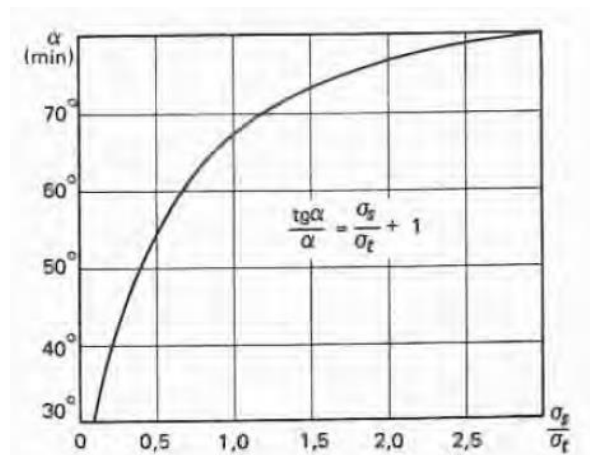
$$\sigma_t = \frac{15}{25}$$

$$\sigma_t = 0,60$$

Com o resultado da Equação 24, é possível aplicar o ábaco da Figura 13

$$\frac{\sigma}{\sigma_t} \quad (25)$$

Figura 30 - Abaco



Fonte: Exercícios de Fundação, Alonso.

2º Passo - Calcular a altura

$$H \geq \begin{cases} \frac{A - a_0}{2} \times \operatorname{tg} \alpha \\ \frac{B - b_0}{2} \times \operatorname{tg} \alpha \end{cases} \quad (26)$$

$$80 \times 70 \quad \alpha = 70$$



$$h = \frac{0,80 - 0,30}{2} \quad \text{tg } 65^\circ = 0,53$$

$$h \text{ adotada} = 0,55 \text{ cm}$$

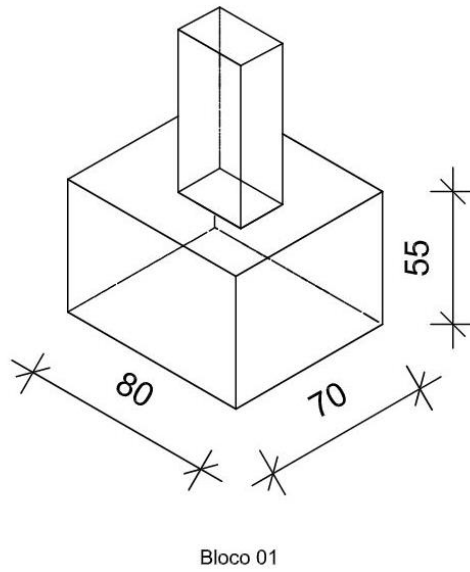
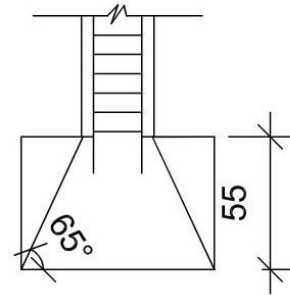
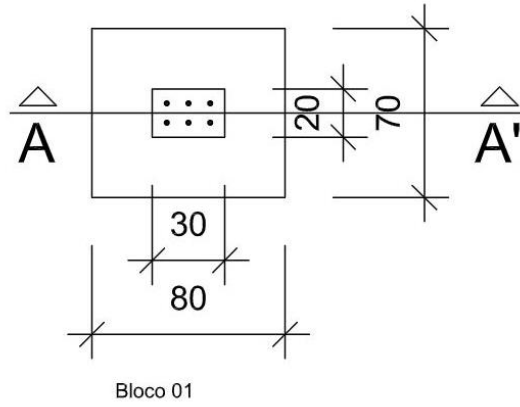
Abaixo se encontra os dados do detalhamento de todos os blocos.

Tabela 28 - Resultados do Dimensionamento dos Blocos.

<b>PARÂMETRO</b>	<b>EQUAÇÃO</b>	<b>B-01</b>	<b>B-02</b>	<b>B-03</b>
Área	Eq. 2	0,53 m <sup>2</sup>	1,05 m <sup>2</sup>	1,57 m <sup>2</sup>
Lado A	Eq. 3	0,80 m <sup>2</sup>	1,10 m <sup>2</sup>	1,35 m <sup>2</sup>
Lado B	Eq. 3	0,70 m <sup>2</sup>	1,0m <sup>2</sup>	1,20 m <sup>2</sup>
Altura (H)	Eq. 20	0,55 m	0,85 m	1,15 m

Fonte: Próprio das Autoras (2021)

## APÊNDICE I - DETALHAMENTO DO BLOCO 01



TÍTULO: DETALHAMENTO BLOCO 01

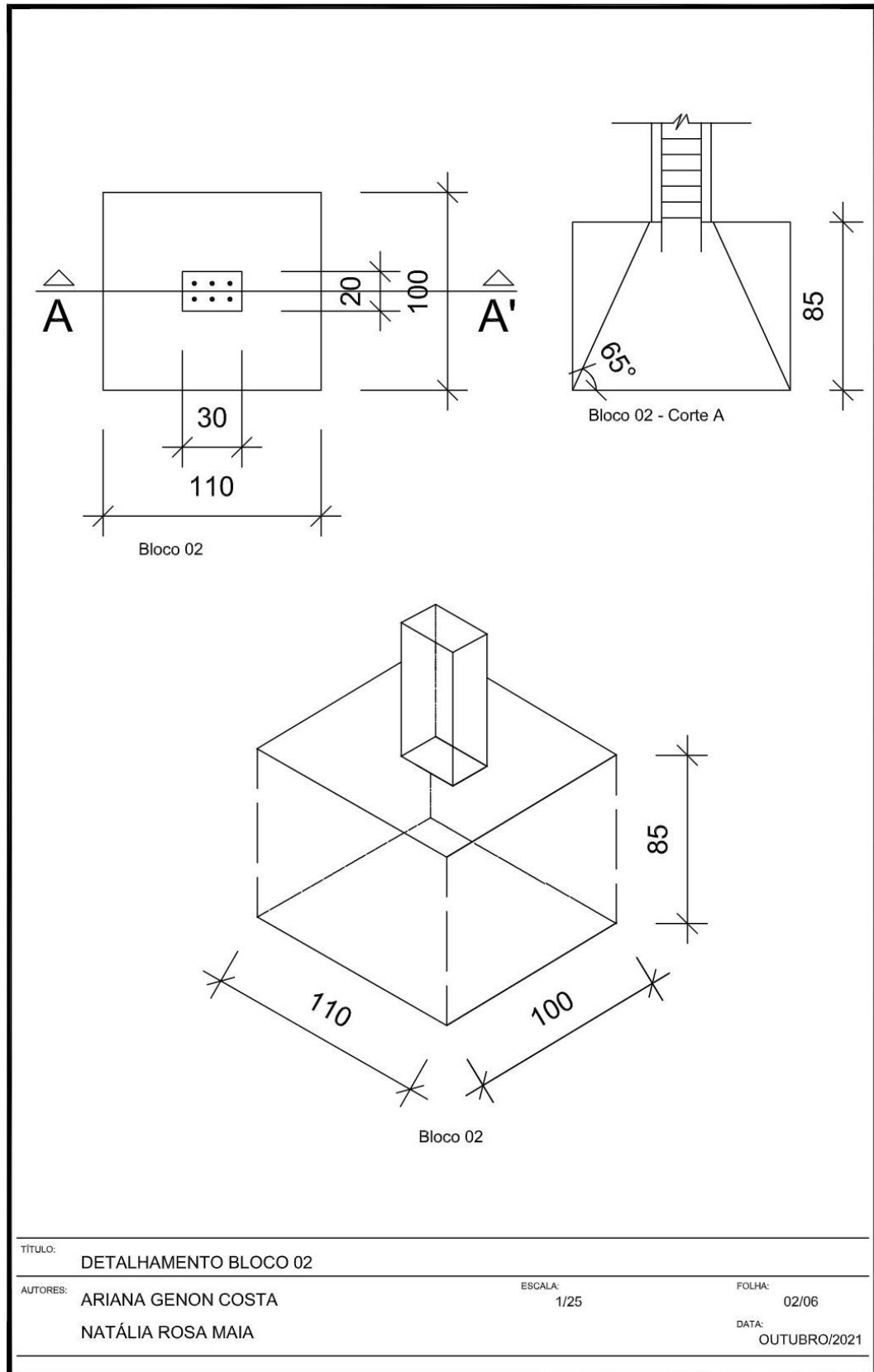
AUTORES: ARIANA GENON COSTA  
NATÁLIA ROSA MAIA

ESCALA: 1/25

FOLHA: 01/06

DATA: OUTUBRO/2021

## APÊNDICE J - DETALHAMENTO DO BLOCO 02



## APÊNDICE K - DETALHAMENTO DO BLOCO 03

