



**FAPAC ã FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTONIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

**CÉSAR DAS NEVES PINHEIRO
RAFAEL DUARTE FLORENTINO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE SAPATAS**

Porto Nacional - TO

2017

**CÉSAR DAS NEVES PINHEIRO
RAFAEL DUARTE FLORENTINO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE SAPATAS**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof: Mauro Alexandre Paula de Sousa

Porto Nacional - TO

2017

**CÉSAR DAS NEVES PINHEIRO
RAFAEL DUARTE FLORENTINO**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O
DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE SAPATAS**

Monografia submetida ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda., como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO
Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador (a): Prof.^a Me. Mauro Alexandre Paula de Sousa

Prof.^a Me. Larissa Jácome Barros Silvestre

Prof. Me. Adalto Cezar Rosa do Nascimento

Porto Nacional - TO

2017

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por ter estado sempre presente e auxiliado em questões onde somente ele pode intervir em todos os momentos durante a jornada de estudos e também na vida. Ao nosso orientador Mauro Alexandre, por sua grande e essencial ajuda, pois me ajudou em vários momentos se tirou diversas dúvidas, me concedeu preciosas dicas referentes à realização deste trabalho, que também serão muito úteis na vida profissional. A professora da disciplina de TCC Larissa, por ter ajudado e sanado dúvidas na realização deste trabalho. Por fim a todas as outras que de alguma forma vivenciaram conosco esta jornada e em algum momento contribuíram de alguma forma, muito obrigado.

RESUMO

As fundações rasas são o tipo de fundações mais usadas em obras de pequeno porte, pois elas, se dimensionadas adequadamente, oferecem maiores vantagens econômicas em relação às fundações profundas, porque elas não necessitam de equipamentos específicos para sua execução e transporte, assim com um correto dimensionamento esse tipo de fundação se torna adequado à boa parte das obras que possuem pequenas solicitações. Dentre as fundações rasas as que mais se destacam são as sapatas, uma vez que estas são amplamente conhecidas dentro da indústria da construção civil e são relativamente de fácil execução em relação aos demais tipos. Neste trabalho serão abordados alguns métodos de determinação de tensões admissíveis deste tipo de fundação, assim como caracterizá-las e por fim abordar como é feito a determinação da tensão admissível do solo por meio de métodos computacionais. Será exposta também a maneira como se pretende desenvolver um programa por meio do *software* Excel que seja capaz de dimensionar uma fundação tipo sapata, gerando o seu detalhamento estrutural.

Palavras chave: fundação direta; sapata; tensão admissível.

ABSTRACT

The shallow foundations are the type most commonly used foundations in small works, for them, is sized properly, provide greater economic advantages over deep foundations, because they do not require specific equipment for their execution and transport, and with a correct sizing this type of foundation becomes appropriate to the good part of the works that have small requests. Among the shallow foundations those that more importance are the foot, since these are widely known within the civil construction industry and are relatively easy to perform over other types. In this paper we will discuss some methods of determining allowable stresses of this type of foundation, and characterizes them and present ways to predict possible settlements that could committed the building and finally how it is done to determine the permissible stress of the soil through computational methods. It will also be exposed to how it intends to develop a program through the Excel software is able to scale a foot type foundation, bringing its structural details.

Keywords: direct foundation; foot; allowable stress.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Sapata Isolada.....	15
Figura 02- Sapata Corrida	15
Figura 03- Sapata Combinada.....	16
Figura 04- Sapata contínua	16
Figura 05- Vista em corte de uma sapata	17
Figura 06- Cone de Punção.....	18
Figura 07- Seção para cálculo das armaduras longitudinais de flexão	19
Figura 08- Seção para cálculo das armaduras longitudinais	19
Figura 09- Ruptura Geral	21
Figura 10-Ruptura por Puncionamento.....	22
Figura 11- Ruptura Local	22
Figura 12- Fatores de capacidade de carga N_c , N_q e N_y	23
Figura 13- Corte AA da sapata.....	29
Figura 14- Corte BB da sapata	29
Figura 15- Vista em Planta da Sapata	30
Figura 16- Vista em Corte do Maior lado da Sapata.....	30
Figura 17- Vista em Corte do Menor Lado da Sapata.....	31
Figura 18- Vista em Planta da Sapata	31
Figura 19- Comparação do Maior Lado entre PPCALC e Exemplo do Alva	32
Figura 20- Comparação do Menor Lado entre PPCALC e Exemplo do Alva.....	32
Figura 21- Comparação das Dimensões Lado entre PPCALC e Exemplo do Alva	33
Figura 22- Interface do PPCALC (Sapata Isolada)	34
Figura 23- Interface PPCALC preenchida (sapata isolada)	35
Figura 24- Interface do PPCALC (Sondagem).....	35
Figura 25- Vista em corte da sapata de maior dimensão do exemplo	38
Figura 26- Vista em corte da sapata de maior dimensão do exemplo	38
Figura 27- Parede	39
Figura 28- Interface do PPCALC (Sapata Corrida).....	39
Figura 29- Sondagem NSPT	40
Figura 30- Sapata corrida (PPCALC).....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Fatores de forma Terzaghi- Peck	23
Tabela 02 - Fatores de forma	24
Tabela 03- Fatores de capacidade de carga.....	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Comprimento de ancoragem em função do diâmetro	18
Quadro 02- Dados do Exemplo	28
Quadro 03- Exemplo Cardoso	36
Quadro 04- Dimensões e Armaduras das Sapatas (PPCALC)	37
Quadro 05- Dimensões e Armaduras das Sapatas (Carvalho)	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

VBA- Visual Basic Application

h- Altura da sapata

a_i Dimensão da sapata em uma determinada direção

a_p- Dimensão do pilar nesta mesma direção

q_r- Capacidade de carga (kPa)

c- Coesão do solo (kPa)

q- Tensão efetiva na cota de apoio (kPa)

γ- Peso específico do solo (kN/m³)

B- Menor dimensão da fundação (m)

N_c- Fator de capacidade de carga

N_q- Fator de capacidade de carga

N_γ- Fator de capacidade de carga

S_c- Fator de forma

S_q- Fator de forma

S_γ- Fator de forma

N- Valor médio no bulbo de tensões

σ_a- Tensão admissível do solo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
3.1 FUNDAÇÕES.....	13
3.2 CLASSIFICAÇÕES DAS FUNDAÇÕES	13
3.2.1 Fundações Rasas.....	13
3.2.2 Fundações Indiretas	14
3.3 SAPATAS	14
3.3.1 Classificação da Sapata Quanto a sua Rigidez	16
3.3.2 Dimensionamento das armaduras longitudinais	18
3.3.3 Dimensionamento ao cisalhamento	20
3.3.4 Tensão Admissível do Solo	20
3.3.5 Métodos Teóricos para a Determinação da Capacidade de Carga de Sapatas.....	21
3.3.6 Métodos Empíricos para a Determinação da Tensão Admissível do Solo	25
3.3.7 Determinação de tensão admissível por meio de métodos computacionais	25
3.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO VISUAL BASIC APPLICATION (VBA).....	26
4 METODOLOGIA	27
5 VALIDAÇÃO.....	28
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6.1 SAPATA ISOLADA.....	34
6.2 SAPATA CORRIDA.....	39
7 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
APÊNDICE	46

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais com a evolução tecnológica já é possível construir grandes edifícios de múltiplos pavimentos e para garantir a estabilidade destas imponentes edificações é cada vez mais necessário o conhecimento de maneiras alternativas para o dimensionamento de fundações destas construções, uma vez que é a fundação que ficará responsável pela transmissão das cargas provenientes da edificação para o solo, sendo necessária uma resistência adequada para essa tarefa.

Os softwares comerciais não atendem a todos os processos que um projetista de fundações necessita para elaborar um projeto de fundações rasas. Visando isso, o presente projeto propõe a criação de uma ferramenta computacional que dimensiona fundações superficiais, na qual também forneça valores de área de aço, quantitativos e aprimore projeto de fundações rasas.

Para o dimensionamento de fundações superficiais é necessário conhecer a tensão admissível de um solo que pode ser encontrada através de alguns métodos distintos: métodos teóricos, semi empíricos e ensaios de prova de carga sobre placa. Portanto, ao analisar esses métodos, nota-se que determinar manualmente a tensão admissível não é uma tarefa fácil, pois acarreta variabilidades nos resultados e demanda muito tempo. Os softwares comerciais é uma alternativa eficiente na pratica de dimensionamento de fundações rasas, pois otimiza tempo e reduz falhas de projeto.

Na engenharia de fundações existem alguns trabalhos publicados nessa linha de pesquisa onde Cardoso (2011) desenvolveu um programa para dimensionar sapatas de concreto armado, que suportam um ou mais pilares, para um número ilimitado de combinações de ações, e fazer a verificação de segurança para as sapatas já existentes.

Em outra pesquisa, Carvalho (2014) desenvolveu uma planilha eletrônica capaz de otimizar custos de projetos de estaqueamentos de fundações profundas. Através de alguns fatores como custo unitário das estacas, concreto armado; etc. Com o objetivo de obter a melhor solução relacionada ao custo de projeto de fundações do tipo profunda.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Os softwares comerciais utilizados para cálculo de sapatas são a melhor alternativa para a pratica de projetos de fundações superficiais?

1.2 JUSTIFICATIVA

Os *softwares* além de não atenderem todas as necessidades do projetista, não permitem o acesso aos seus códigos criados para os cálculos estruturais, então se torna necessário produzir uma ferramenta de análise e dimensionamento de fundações superficiais, a qual forneça valores de área de aço e otimize os projetos no que diz respeito ao tempo para o desenvolvimento das representações gráficas. Sendo importante, também, a criação de *softwares* numa plataforma mais acessível aos usuários, levando em conta a necessidade que há de poder modificar alguns códigos de *softwares*, com o intuito de aperfeiçoar-los, pois, nem sempre, os *softwares* são criados levando em conta os modelos mais técnicos e economicamente viáveis, uma vez que são desenvolvidos conforme as NBRs, sendo que, não é sempre, que as normas apresentam as maneiras mais eficazes de se realizar os cálculos estruturais, uma vez que modelos criados por determinado autores podem apresenta formas alternativas que privilegiam com mais eficiência alguns tipos de necessidade que os projetistas podem apresentar. Assim a criação de *softwares* na plataforma MS Excel da Microsoft apresenta-se como uma excelente alternativa, levando em consideração que ela é muito difundida entre os usuários alvos desta espécie de programas o que torna o programa mais acessível.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um programa utilizando a linguagem de programação VBA que calcula, detalha as armaduras e formas de elementos de fundação do tipo sapatas corridas e isoladas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar rotinas computacionais em linguagem VBA para os cálculos das armaduras de sapatas;
- Desenvolver rotinas de códigos para que o usuário do programa possa calcular sapatas do tipo isoladas e corridas;
- Determinar a tensão admissível do solo através de valores de ensaios SPT.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 FUNDAÇÕES

Segundo Azeredo (1997) fundações são estruturas construídas com a função de transmitir a carga proveniente da superestrutura para o terreno de fundação. Camargo (2002) cita em sua obra que o terreno de fundação é a parte que tem como função absorver as solicitações das fundações, desta forma é necessário que o terreno tenha segurança adequada tanto para a ruptura, quanto para não sofrer deformações que possam provocar o comprometimento da estabilidade da edificação, da sua funcionalidade e também sua estética. Assim o conjunto da fundação com o terreno de fundação deve oferecer segurança tanto para ruptura do solo, quanto para não sofrer recalques de grandes magnitudes que possam comprometer a estabilidade da edificação em geral. Desta forma é necessário conhecer as características do terreno, as quais, segundo Quaresma et al (1998) é obtidas através de ensaios geotécnicos como SPT e CPT.

3.2 CLASSIFICAÇÕES DAS FUNDAÇÕES

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica as fundações em rasas e profundas, de acordo com a sua cota de assentamento.

3.2.1 Fundações Rasas

Segundo Cintra (2003), as fundações diretas ou rasas são aquelas em que as tensões são distribuídas, unicamente, pela base do elemento de fundação no terreno e sua cota de assentamento sobre o terreno subjacente é inferior a duas vezes a sua menor dimensão. A ABNT diz, por meio da NBR 6122 (2010), que são exemplos de fundações superficiais:

- Blocos: fundação direta executada em concreto e com rigidez suficiente para que todas as tensões de tração sejam resistidas pelo próprio concreto, desta forma dispensando o uso de armadura;
- Sapatas: elemento de fundação direta executado em concreto armado em que os esforços de tração são resistidos, principalmente, pela armadura da sua base. Podem

ser classificadas em: Sapatas isoladas (quando recebem cargas provenientes de apenas um pilar), sapata corrida (quando uma de suas dimensões é muito maior que as demais, desta forma podendo receber carga linear) e por fim sapata associada (quando se concentra a carga de mais de um pilar no elemento de fundação);

- Radier: Elemento superficial executado em forma de laje e que é projetado para suportar todas as cargas vindas da edificação.

3.2.2 Fundações Indiretas

Segundo a NBR 6122 (2010) fundações profundas ou fundações indiretas são elementos de fundações que transmitem a carga para o terreno através da sua base e do seu fuste (esta parcela chamada de resistência lateral) ou concomitantemente pelas duas, e cujo assentamento deve estar a uma profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão e no mínimo a 3 m. Assim, segundo Braga (2009), as fundações profundas são basicamente as estacas e os tubulões, onde a principal diferença entre elas é que no processo de execução do tubulão há decida de um operário para efetuar o processo de alargamento da base e nas estacas não é feito esse procedimento citado.

Este trabalho terá o seu foco voltado para o dimensionamento de fundações rasas do tipo sapatas, por isso a abordagem dos demais tipos de fundações serão mais superficial.

3.3 SAPATAS

Segundo Carvalho (2009), as sapatas são elementos de concreto armado que possuem uma altura pequena em relação a sua base e destinam-se a receber cargas de pilares, muros ou conjuntos de pilares, onde as tensões de tração devem ser resistidas pelo aço, e são adequadas em situações em que o terreno de fundação apresente boa capacidade de carga.

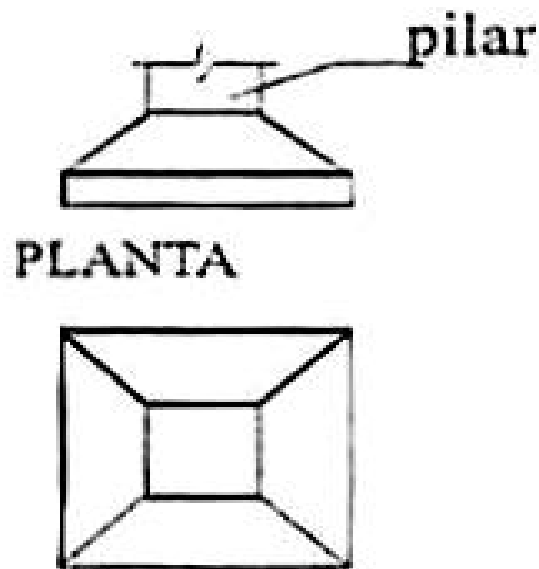
Carvalho (2009) cita que sapatas são o tipo de fundações mais usuais em obras de construção civil, devido as suas vantagens em relação aos demais tipos de fundações. Dentre as vantagens que uma fundação do tipo sapata oferece, as principais delas são que este tipo de estrutura pode ser executado de uma forma rápida e não requer equipamentos específicos para sua execução, e nem equipamentos para transportes. São indicadas em terreno homogêneo, visando desta maneira a prevenção

de possíveis recalques diferenciais, o qual poderia comprometer a edificação.

Carvalho (2009) cita alguns tipos de sapatas de acordo com a carga que elas transmitem, são elas:

- Isoladas que suportam carga de apenas um pilar (Fig. 01);

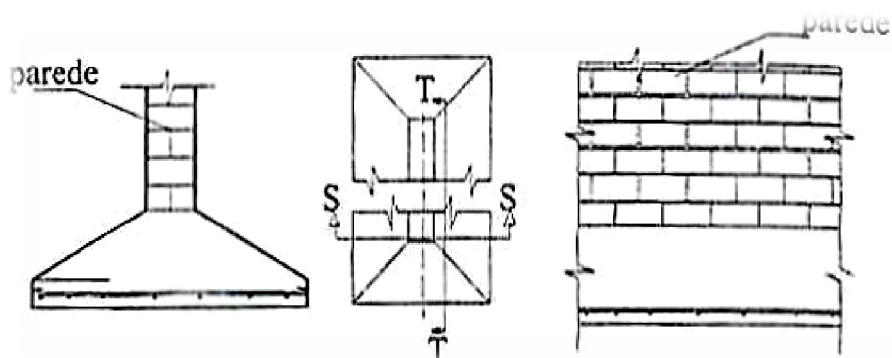
Figura 01 - Sapata Isolada



Fonte: Tizott (2013)

- Corridas, que suportam muros e paredes (Fig. 02);

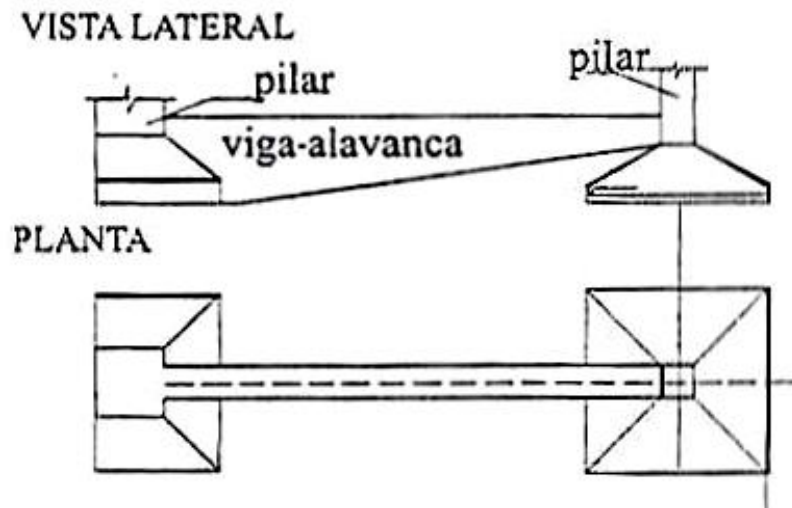
Figura 02 - Sapata Corrida



Fonte: Tizott (2013)

- Combinadas ou associadas- suportam dois ou mais pilares em número reduzido (Fig. 03);

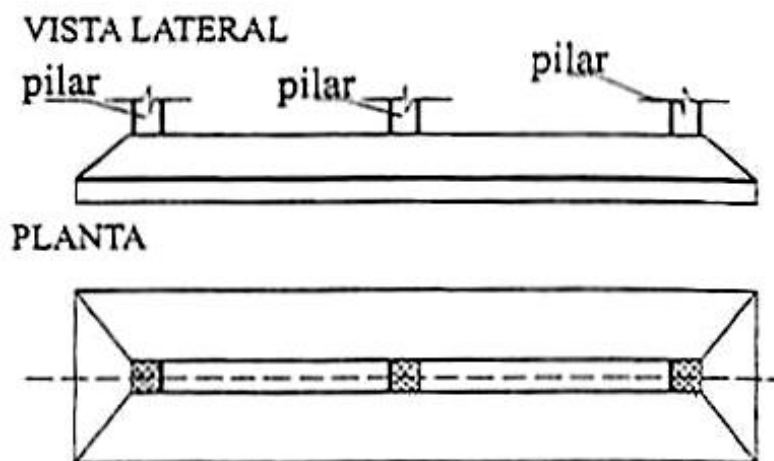
Figura 03 - Sapata Combinada



Fonte: Tizott (2013)

- Contínuas- suportam carga de vários pilares isolados(Fig. 04).

Figura 04- Sapata contínua



Fonte: Tizott (2013)

As sapatas também são classificadas segundo a sua rigidez, a qual será mais bem detalhada no próximo item.

3.3.1 Classificação da Sapata Quanto a sua Rigidez

Segundo a NBR 6118 (2014) uma sapata pode ser classificada em rígida ou flexível de acordo com a condição a seguir:

$$h \geq \frac{(a - a_p)}{3} \quad (01)$$

Em que:

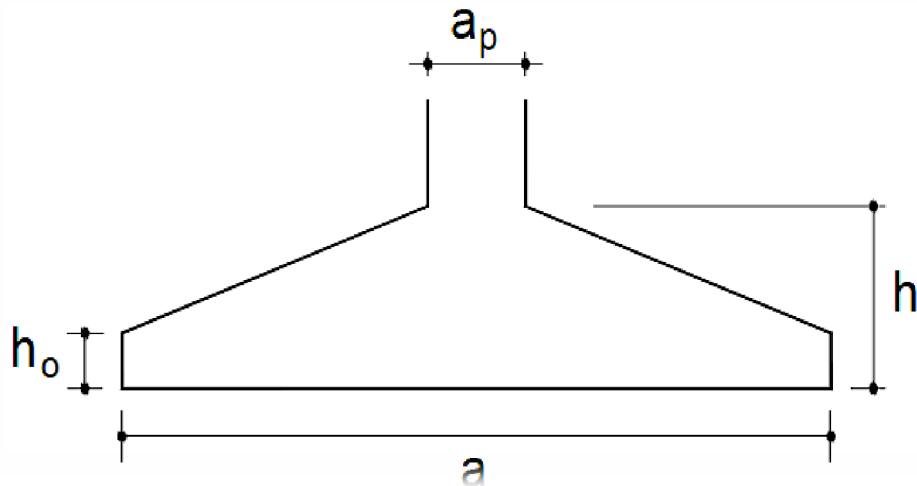
h- Altura da sapata;

a- dimensão da sapata em uma determinada direção;

a_p- dimensão do pilar nesta mesma direção.

Apresentados na figura (Fig. 05).

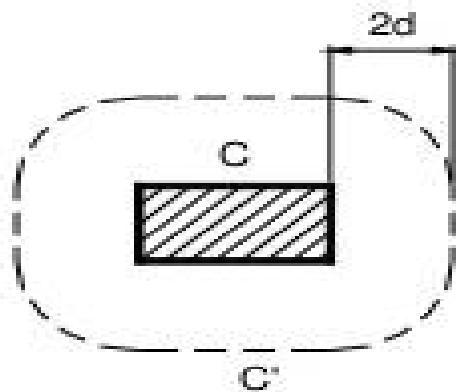
Figura 05- Vista em corte de uma sapata



Fonte: Alva (2007)

Assim, segundo Tizott (2013), se essa condição for verdadeira a sapata é dita rígida, caso não seja satisfeita é considerada sapata flexível. É de fundamental importância o conhecimento da rigidez da sapata, pois uma sapata flexível está inserida dentro do cone de punção (Fig. 06), enquanto uma sapata rígida não se encontra inserida neste cone, portanto não sofrendo o efeito de punção, no entanto é importante que a sapata seja dimensionada com rigidez adequada para que ela se adapte bem aos recalques da estrutura, uma vez que em toda edificação vai haver algum tipo de recalque.

Figura 06- Cone de Punção



Fonte: Tizott (2013)

Também é necessário que a sapata apresente um comprimento de ancoragem adequado para que as cargas vindas da edificação sejam transferidas de forma adequada para a armadura do elemento de fundação. Para a determinação do comprimento de ancoragem leva-se em consideração a classe do concreto e se a barra será com gancho ou sem gancho, assim para determiná-la para aço CA-50 é feito conforme o Quadro 01.

Concreto	Sem Gancho	Com Gancho
C15	53 $\bar{u}$	37 $\bar{u}$
C20	44 $\bar{u}$	31 $\bar{u}$
C25	38 $\bar{u}$	26 $\bar{u}$
C30	33 $\bar{u}$	23 $\bar{u}$
C35	30 $\bar{u}$	21 $\bar{u}$
C40	28 $\bar{u}$	19 $\bar{u}$
C45	25 $\bar{u}$	18 $\bar{u}$
C50	24 $\bar{u}$	17 $\bar{u}$

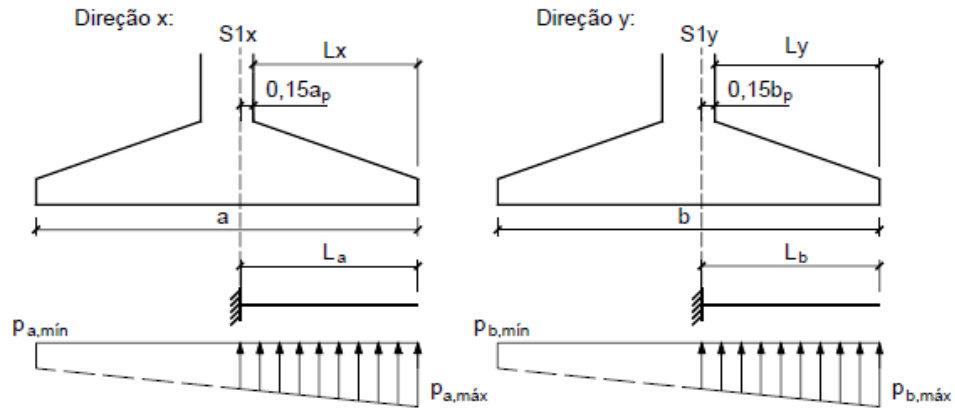
Quadro 01- Comprimento de ancoragem em função do diâmetro

Fonte: adaptado de Cintra (2003)

3.3.2 Dimensionamento das armaduras longitudinais

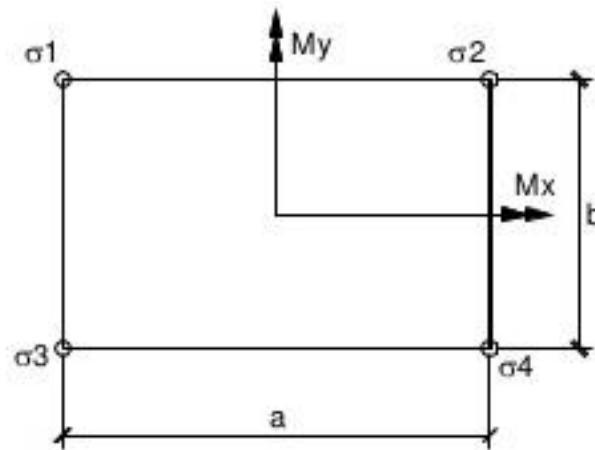
Para o cálculo das armaduras longitudinais da sapata, define-se uma seção de referência S1 entre as faces do pilar, em cada direção ortogonal, de acordo com a Fig. 07 e Fig. 08:

Figura 07 - Seção para cálculo das armaduras longitudinais de flexão



Fonte: Tizott (2013)

Figura 08- Seção para cálculo das armaduras longitudinais



Fonte: Tizott (2013)

Tendo posse dos momentos sollicitantes, as armaduras longitudinais da sapata podem ser determinadas através de tabelas de flexão simples ou por equações simplificadas de acordo com as Equações a seguir:

$$A_{sa} = \frac{M_{sda}}{0,8df_{yd}} \quad (2)$$

$$A_{sb} = \frac{M_{sdb}}{0,8df_{yd}} \quad (3)$$

Onde:

d- é a altura útil na direção que está sendo analisada.

3.3.3 Dimensionamento ao cisalhamento

A verificação da ruptura por compressão se arranja na ligação sapata-pilar, na região correspondente ao perímetro do pilar:

$$\tau_{sd} \leq \tau_{Rd2} \quad (04)$$

Onde:

τ_{sd} É a tensão solicitante;

τ_{Rd2} É a resistência a compressão diagonal da sapata.

A tensão solicitante é calculada pela seguinte equação:

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{ud} \quad (05)$$

F_{sd} é a reação vertical de cálculo;

u é o perímetro de contorno C, que corresponde ao perímetro da seção do pilar;

d é altura útil média.

A tensão resistente τ_{Rd2} é calculada por:

$$\tau_{Rd2} = 0,27\alpha_v f_{cd} \quad (06)$$

Onde:

α_v é um valor adimensional que é determinado por:

$$\alpha_v = 1 - \frac{f_{ck}}{250} \quad (07)$$

3.3.4 Tensão Admissível do Solo

Segundo Carvalho (2009), a definição das dimensões de uma sapata é feita de acordo com os valores de tensões admissíveis do solo, onde o valor da solicitação não pode ser maior que o valor de tensão admissível do terreno de fundação. Tensão

admissível do solo é compreendida como a máxima carga que aquele terreno suporta sem que haja ruptura do terreno ou recalques que possam comprometer a estabilidade do edifício, assim assegurando para o projeto de fundação a segurança tanto para o estado limite último, quanto para o estado limite de serviço.

A tensão admissível pode ser obtida diretamente através dos métodos empíricos ou indiretamente através dos métodos teóricos e prova de carga em placa, os quais definirão uma carga de ruptura do solo, a qual é chamada de capacidade de carga da fundação. Obtendo o valor de capacidade de carga da fundação, basta dividir esse valor pelo coeficiente de segurança para obter o valor da tensão admissível do solo.

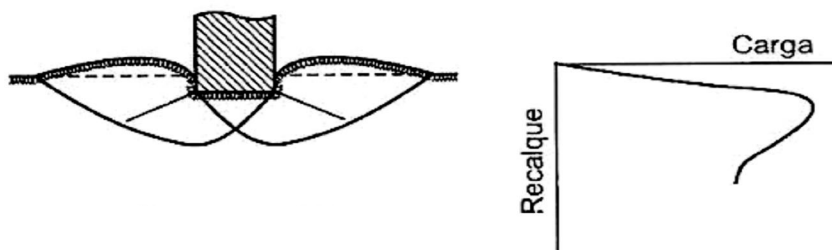
3.3.5 Métodos Teóricos para a Determinação da Capacidade de Carga de Sapatas

Os métodos teóricos são formulações clássicas desenvolvidas por estudiosos como Terzaghi (1943), Meyerhof (1963) e Vésic (1975), a partir das propriedades de resistência ao cisalhamento e compressibilidade do solo, obtidas através de ensaios laboratoriais. O intuito dessas fórmulas é de obter o valor da capacidade de carga da fundação para que a partir dela seja calculada a tensão.

Para a determinação da capacidade de carga da fundação é levado em conta parâmetros como peso específico do solo, coesão e dimensões da sapata. Levam em conta também os possíveis mecanismos de ruptura do solo o qual depende da cota de assentamento da fundação, bem como da rigidez do maciço.

Essas rupturas podem ocorrer de três maneiras diferentes, sendo a primeira chamada de ruptura generalizada ou global, a qual segundo Barata (1984) ocorre em solos mais rígidos como argilas rijas e areias compactas e cuja superfície de ruptura é bem definida (Fig. 09).

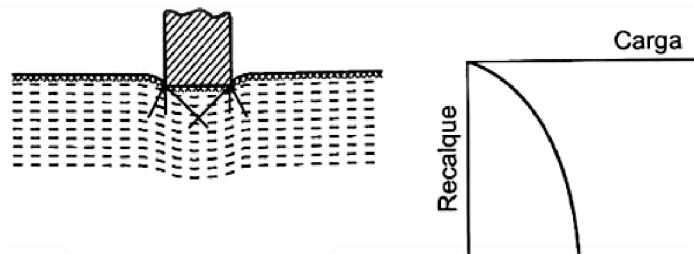
Figura 09- Ruptura Geral



Fonte: Tizott (2013)

A segunda é chamada de ruptura por punção e ocorre em solos menos rígidos e mais deformáveis como é o caso das areias, nesse tipo de ruptura ocorre uma penetração da fundação no solo subjacente o qual acompanha o recalque da fundação (Fig. 10).

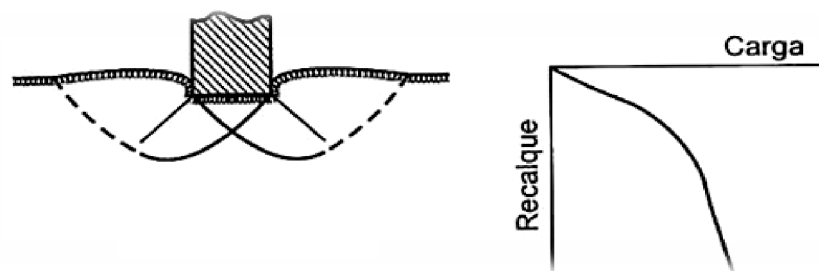
Figura 10-Ruptura por Puncionamento



Fonte: Tizott (2013)

Por fim, há a ruptura local a qual é um mecanismo de ruptura que fica entre os dois anteriores e ocorre em solos medianamente compactos e argilas médias e moles (Fig. 11).

Figura 11- Ruptura Local



Fonte: Tizott (2013)

A partir destas considerações Terzaghi elaborou a seguinte fórmula para a definição da capacidade de carga de sapatas numa ruptura global:

$$\sigma'_r = cN_c S_c + qN_q S_q + \frac{1}{2} \gamma N_\gamma S_\gamma \quad (08)$$

Onde:

σ'_r : capacidade de carga (kPa);

c: coesão do solo (kPa);

q: tensão efetiva na cota de apoio (kPa);

γ : peso específico do solo (kN/m³);

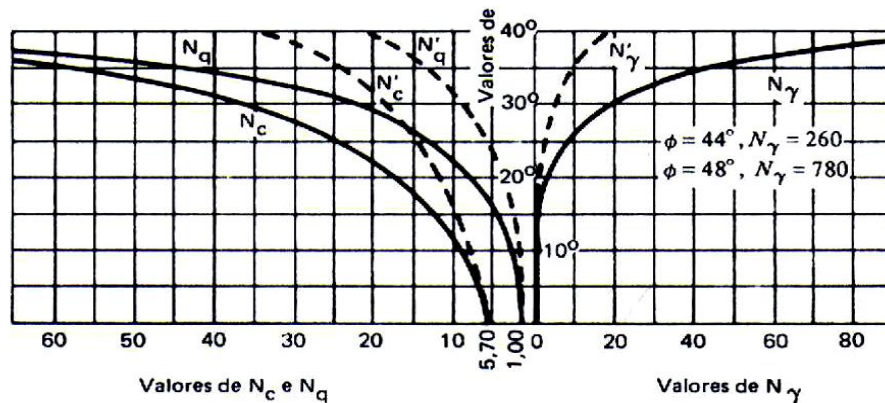
B: menor dimensão da fundação (m);

N_c , N_q e N_γ : fatores de capacidade de carga;

S_c , S_q e S_γ : fatores de forma.

Os fatores N_c , N_q e N_γ são encontrados de acordo com a Fig. 12.

Figura 12- Fatores de capacidade de carga N_c , N_q e N_γ



Fonte: Cintra (2011).

E os fatores S_c , S_q , S_γ são encontrados de acordo com a Tabela 01.

Tabela 01- Fatores de forma Terzaghi- Peck

Sapata	S_c	S_q	S_γ
Corrida (lado B)	1,00	1,00	1,00
Quadrada ($B=L$)	1,2	1	0,8
Circular (B =diâmetro)	1,2	1	0,60

Fonte: Adaptado de Cintra (2011).

Como na ruptura por puncionamento não foi possível desenvolver uma formulação própria, segundo Cintra (2011) Terzaghi propõe uma correção na formula da ruptura global, para o caso da ruptura por puncionamento, onde tensão ultima é dada pela Equação 3:

$$\sigma'_r = c^* N'_c S_c + q N'_q S_q + \frac{1}{2} \gamma N'_\gamma S_\gamma \quad (09)$$

Onde há uma redução na coesão ou ângulo de atrito do solo que passa a ser calculada da seguinte forma.

$$c^* = \frac{2}{3} c \quad (10)$$

$$\tan \phi^* = \frac{2}{3} \tan \phi \quad (11)$$

Assim para a obtenção dos fatores de capacidade de carga, Terzaghi propõe que os fatores sejam obtidos a partir das correções linhas tracejadas da FIG.12.

Vésic (1975) propõe duas alterações na formulação de Terzaghi. A primeira no

fator N_y e a segunda nos fatores de forma das sapatas o qual, segundo Cintra, é preferível os fatores de forma de Debeer por que não depende somente da geometria da sapata mas também do ângulo de atrito do solo. Assim os fatores de forma são calculados de acordo com a Tabela 02.

Tabela 02 - Fatores de forma

Sapata	S_c	S_q	S_y
Corrida	1,00	1,00	1,00
Retangular	$1+(B/l)(N_q/N_c)$	$1+ (B/L) \operatorname{tg}\phi$	$1-(B/L)$
Circular ou Quadrada	$1+ (N_q/N_c)$	$1+\operatorname{tg}\phi$	0,60

Fonte: Adaptado de Cintra (2011).

Os fatores de capacidade de carga, após as alterações proposta, passam a serem calculados conforme a Tabela 03.

Tabela 03- Fatores de capacidade de carga

ϕ	N_c	N_q	N_y	N_q/N_c	$\operatorname{tg}\phi$
0	5,14	1	0	0,2	0
1	5,38	1,09	0,07	0,2	0,02
2	5,63	1,2	0,15	0,21	0,03
3	5,9	1,31	0,24	0,22	0,05
4	6,19	1,43	0,34	0,23	0,07
5	6,49	1,57	0,45	0,24	0,09
6	6,81	1,72	0,57	0,25	0,11
7	7,16	1,88	0,71	0,26	0,12
8	7,53	2,06	0,86	0,27	0,14
9	7,92	2,25	1,03	0,28	0,16
10	8,35	2,47	1,22	0,3	0,18
11	8,8	2,71	1,44	0,31	0,19
12	9,28	2,97	1,69	0,32	0,21
13	9,81	3,26	1,97	0,33	0,23
14	10,37	3,59	2,29	0,35	0,25
15	10,98	3,94	2,65	0,36	0,27
16	11,63	4,34	3,06	0,37	0,29
17	12,34	4,77	3,53	0,39	0,31
18	13,1	5,26	4,07	0,4	0,32
19	13,93	5,8	4,68	0,42	0,34
20	14,83	6,4	5,39	0,43	0,36
21	15,82	7,07	6,2	0,45	0,38
22	16,88	7,82	7,13	0,46	0,4
23	18,05	8,66	8,2	0,48	0,42
24	19,32	9,6	9,44	0,5	0,45
25	20,72	10,66	10,88	0,51	0,47

26	22,25	11,85	12,54	0,53	0,49
27	23,94	11,85	14,47	0,55	0,51
28	25,8	13,2	16,72	0,57	0,53

Fonte: Adaptado de Cintra (2011).

Existem vários outros métodos teóricos que não serão citados neste trabalho, pois o foco maior do trabalho será nos dois métodos citados anteriormente.

3.3.6 Métodos Empíricos para a Determinação da Tensão Admissível do Solo

Os métodos empíricos para a determinação da capacidade de carga de sapatas são métodos desenvolvidos a partir das descrições (que são obtidas através de ensaio laboratoriais) e investigações geotécnicas do terreno. Segundo Cintra (2003), pode-se obter a capacidade de carga de fundações diretas a partir de correlações com as investigações geotécnicas do tipo CPT e SPT. Cintra (2003) alerta que a aplicação deste tipo de correlação é muito questionável e que é preciso analisar a origem e a validade das informações.

Para obter a tensão admissível do solo em fundação do tipo sapata a partir da investigação geotécnica SPT, usa-se a seguinte formula:

$$\sigma_a = \frac{N}{50} \quad \text{Com } 5 \leq N \leq 20 \quad (12)$$

Em que:

N- É o valor médio no bulbo de tensões (duas vezes a largura da sapata);

σ_a - Tensão admissível do solo;

Ressalta-se que os métodos empíricos para dimensionamento de fundações são métodos usados apenas num estudo inicial e que para um projeto de fundação é necessário um estudo mais detalhado da resistência dos solos da região por meio de outros métodos.

3.3.7 Determinação de tensão admissível por meio de métodos computacionais

As determinações da capacidade de carga através de métodos manuais, como os apresentados neste trabalho, segundo Oliveira (2016), podem demandar muito tempo e apresentar grande variabilidade nos resultados, além de haver a possibilidade maior de

$$\sigma_a \leq \begin{cases} \sigma_{10} \\ \frac{\sigma_{25}}{2} \end{cases} \quad (13)$$

ter falhas humanas. Com o intuito de diminuir essas falhas e aperfeiçoar o tempo, uma alternativa amplamente utilizada são as ferramentas computacionais, como softwares desenvolvidos com essa finalidade ou mesmo planilhas eletrônicas desenvolvidas nesse intuito.

Existem vários trabalhos publicados sobre esse tipo de ferramentas como é o caso da rotina computacional de Cardoso (2011) que apresenta uma ferramenta computacional visando o cálculo do dimensionamento de sapata com um ou mais pilares e com um número ilimitado de possíveis combinações ou Ferreira et al. (2014) que desenvolveu um programa para fazer a estimativa de capacidade de carga em estacas.

3.4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO VISUAL BASIC APPLICATION (VBA) E EXCEL

Essa linguagem de programação criada pela Microsoft serve necessariamente para desenvolver programas de computadores, inventarem sites, aplicativos e etc.

A Microsoft dispõe um pacote de ferramentas designado de Office ou Microsoft Office, dentro desse pacote encontram-se os famosos aplicativos Office (Word, Excel, Power Point, Access, etc.). Em 1994 a Microsoft decidiu desenvolver a linguagem de programação Visual Basic inclusa nos aplicativos Office, foi quando surgiu o Visual Basic para Aplicativos.

No Excel, é capaz de automatizar e facilita as planilhas de cálculos, dando ao usuário do programa uma maior capacidade de navegação entre planilhas, encontrando-se essas na própria pasta ou não. O desempenho do VBA é semelhante qualquer outra linguagem de programação, ou seja, os comandos são determinados pelo usuário e, caso estejam válidos uma função será executada a partir da concessão entre usuário e programa.

Segundo Ávilla (2015), O VBA é sem dúvida alguma um instrumento riquíssimo dentro do Excel, com uma noção plena em VBA podemos desenvolver coisas incríveis através do Excel.

4 METODOLOGIA

Foi produzido um programa em rotina computacional utilizando a linguagem de programação Visual Basic Application (VBA) do *software* MS Excel da Microsoft, bem como executado a implementação das equações de correlações empíricas baseadas nos ensaios Nspt (Equação 14).

$$\sigma_a = \frac{N}{50} \quad \text{Com } 5 \leq N \leq 20 \quad (14)$$

Assim é possível por meio deste programa obter a tensão admissível do solo, assim como fazer o dimensionamento das fundações tipo sapatas (isolada e corrida), cálculo das armaduras longitudinais e transversais, verificação para o cortante e flexão, bem como o detalhamento das armaduras, definindo o comprimento de ancoragem das armaduras e também o seu cobrimento.

Também é possível por meio desse *software* a obtenção de representação gráfica das plantas de fôrmas e cortes das fundações tipo sapatas, com intuito de simplificar para os usuários do *software* o seu entendimento do dimensionamento dos elementos de fundações.

O *software* realiza o dimensionamento das sapatas isoladas e corridas por meio de códigos inseridos em macros do VBA, onde através desses códigos o programa pode escrever esses resultados em planilhas do MS Excel, assim apresentando um relatório ao usuário.

Desta maneira foi criada rotinas para o cálculo de sapatas separadamente e realização de desenhos gráficos das sapatas.

5 VALIDAÇÃO

Com o intuito de fazer a verificação da validade das fórmulas implementadas no programa PPCALC, foram inseridos os dados do primeiro exemplo dado pela obra de Alva (2007) da Universidade Federal de Santa Maria (Projeto Estrutural de Sapatas), a qual foi criada em conformidade com NBRs e teorias aceitas para o dimensionamento estrutural de sapatas e tem como finalidade elucidar o cálculo estrutural de fundações deste tipo.

Assim, foram implantados na interface do programa PPCALC os dados do exemplo (Quadro 02), onde:

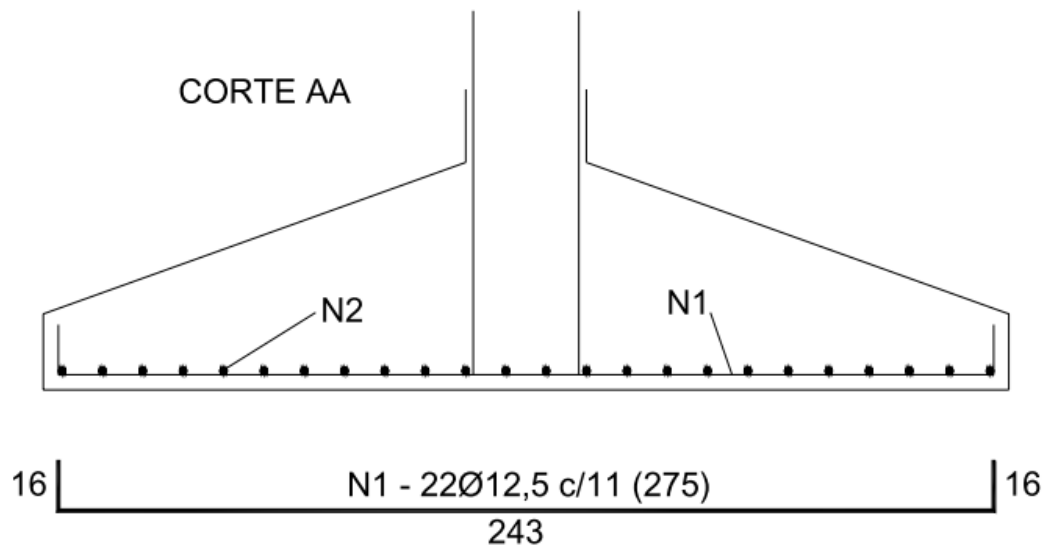
Quadro- 02 - Dados do Exemplo

Dado	Valor
F_z	1288 KN
M_x	100 KN*m
$\hat{u}_a$	200 KN/m ²
Lado maior do pilar	40 cm
Lado menor do pilar	25 cm
Diâmetro das barras do pilar	12,5 mm
Diâmetro das barras da sapata	12,5 mm
Cobrimento	4,5cm
Tipo de concreto	C20
Tipo de aço	CA-50

Fonte: Alva (2007)

De acordo com Alva (2007), os resultados obtidos no cálculo para a direção paralela ao lado maior do pilar será uma área de aço de 27 cm²equivalente a 22 barras com 12,5 de diâmetro a cada 11 cm (Fig. 13):

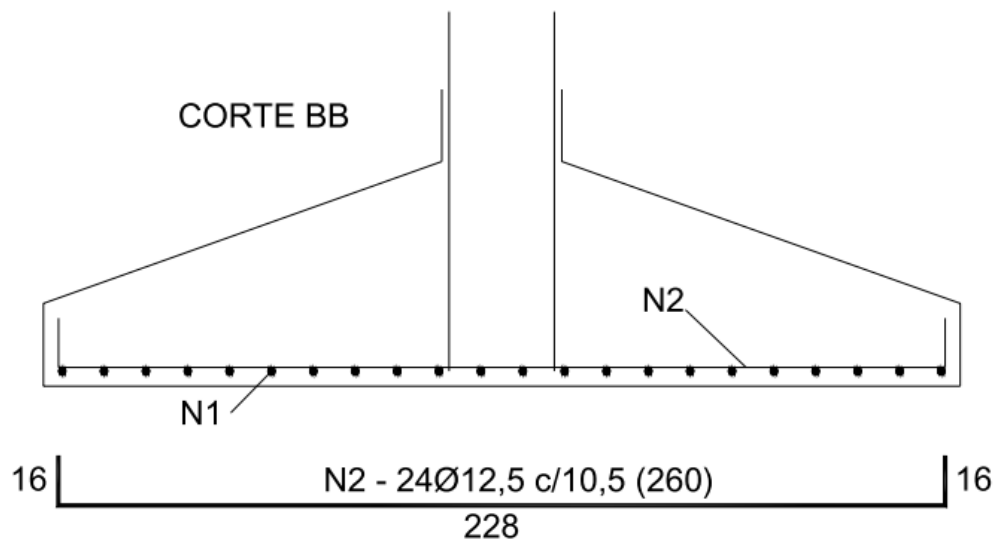
Figura 13- Corte AA da sapata



Fonte: Alva (2007)

Paralela ao lado menor do pilar será uma área de aço de $28,69 \text{ cm}^2$ equivalente a 24 barras com 12,5 de diâmetro a cada 10,5 cm (Fig. 14):

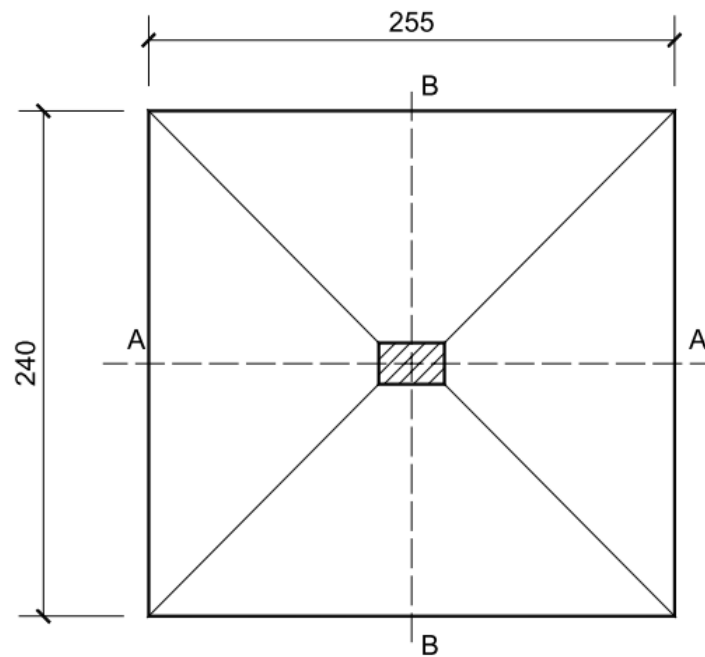
Figura 14 - Corte BB da sapata



Fonte: Alva (2007)

E as dimensões da sapata de 2,4 m x 2,55 m (Fig. 15):

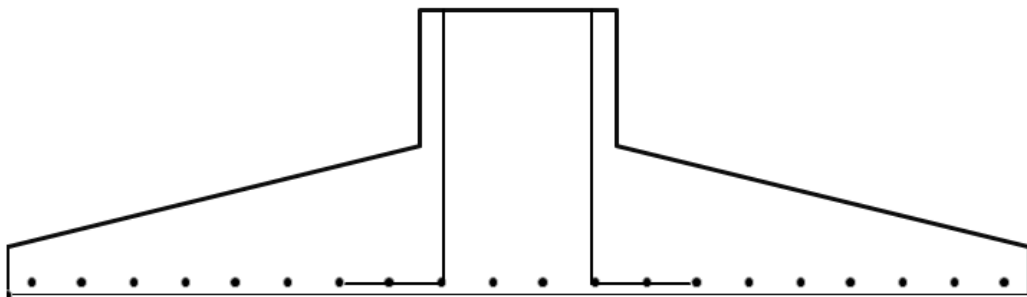
Figura 15- Vista em Planta da Sapata



Fonte: Alva (2007)

Sendo que os resultados obtidos no cálculo do programa PPCALC foram de para a direção paralela ao lado maior do pilar será uma área de aço de $26,95 \text{ cm}^2$ equivalente a 22 barras com 12,5 de diâmetro a cada 11,91 cm (Fig. 16):

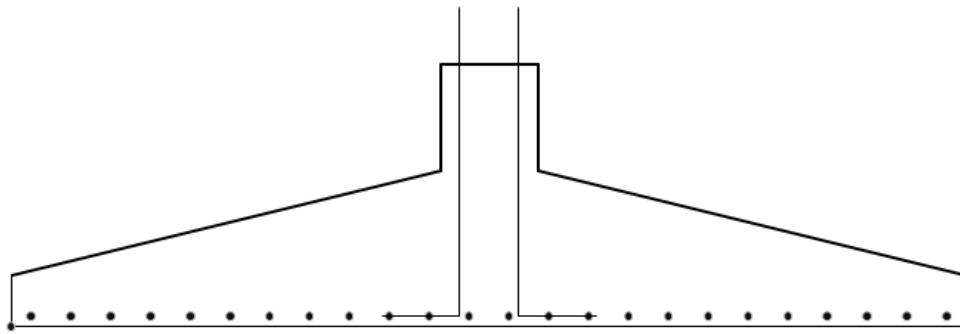
Figura 16- Vista em Corte do Maior lado da Sapata



Fonte: Elaborado pelo autores

Paralela ao lado menor do pilar será uma área de aço de $28,6 \text{ cm}^2$ equivalente a 24 barras com 12,5 de diâmetro a cada 10,22 cm (Fig. 17):

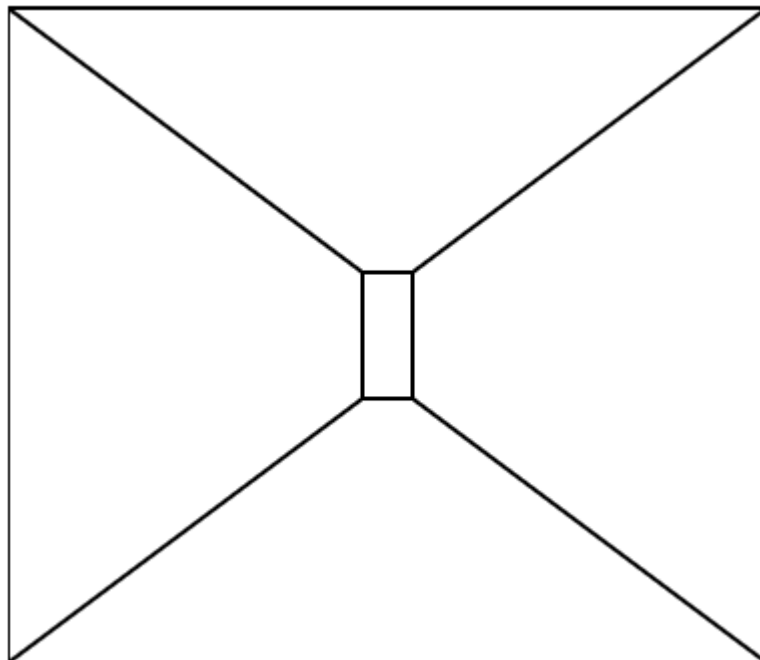
Figura 17- Vista em Corte do Menor Lado da Sapata



Fonte: Elaborado pelos autores

E as dimensões da sapata de 2,45 m x 2,6 m (Fig. 18):

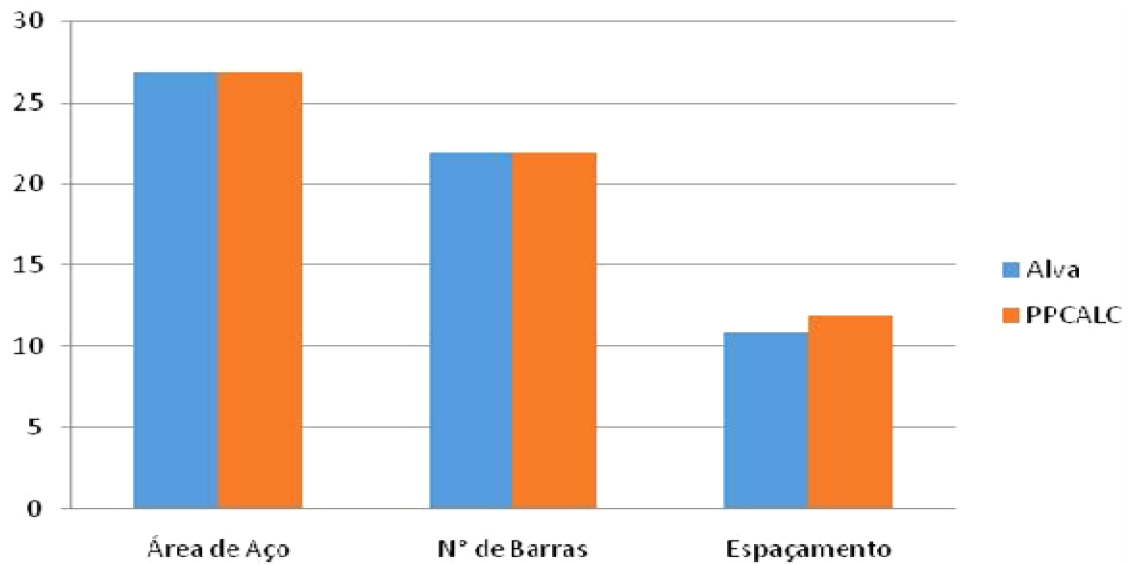
Figura 18- Vista em Planta da Sapata



Fonte: Elaborado pelos autores

Desta maneira fazendo um comparativo entre os valores obtidos no exemplo e o obtido no programa PPCALC, chega-se a conclusão que, de acordo com os gráficos comparativos (Fig. 19), para o maior lado, a diferença da área de aço entre os valores do programa PPCALC em relação ao da apostila será de desprezíveis 0,2%, do número de barras de 0% e do espaçamento de apenas 8,8%.

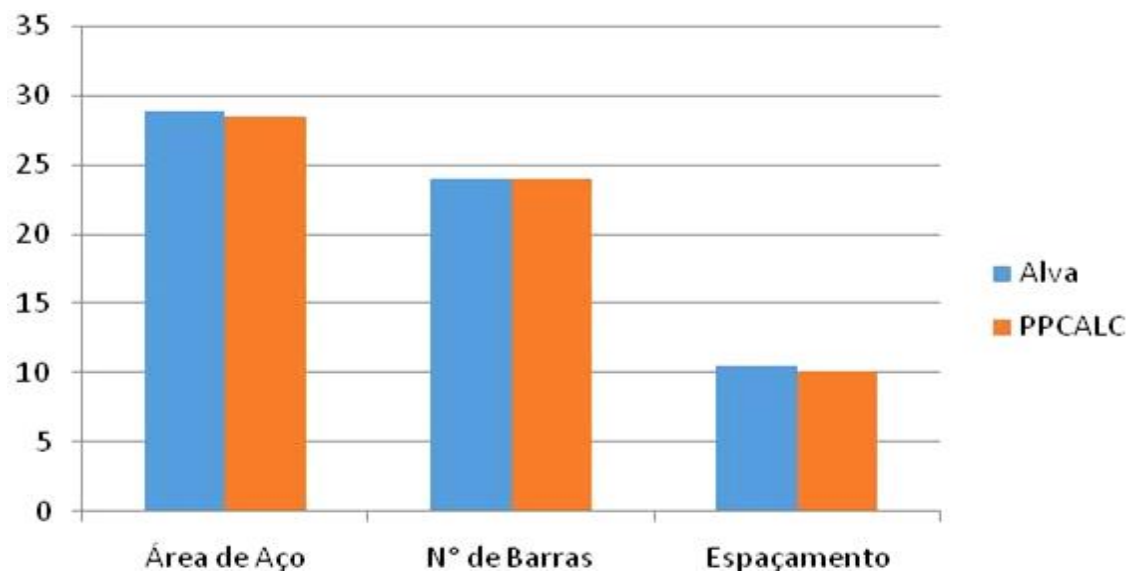
Figura 19- Comparação do Maior Lado entre PPCALC e Exemplo do Alva



Fonte: Elaborado pelos autores

Para o menor lado a diferença da área de aço entre os valores do programa PPCALC em relação ao da apostila será de desprezíveis 0,1%, do número de barras de 0% e do espaçamento de apenas 3,3% (Fig. 20).

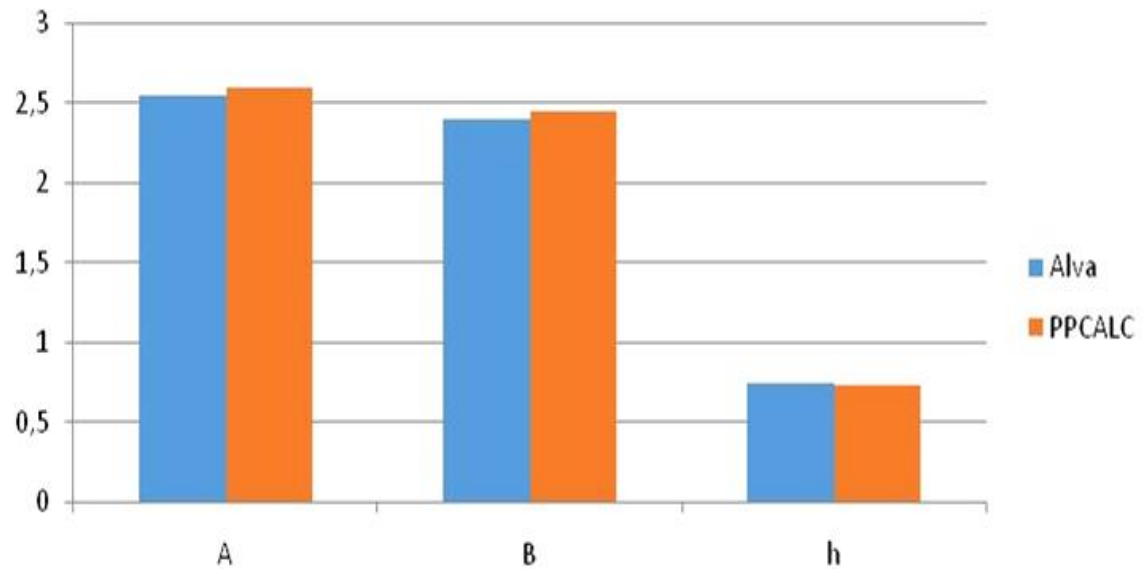
Figura 20- Comparação do Menor Lado entre PPCALC e Exemplo do Alva



Fonte: Elaborado pelos autores

E para as dimensões da sapata a diferença do lado maior entre os valores do programa PPCALC em relação ao da apostila será de apenas 1,9%, do menor lado será de apenas 2% e da altura da sapata de apenas 2,2% (Fig. 21).

Figura 21- Comparação das Dimensões Lado entre PPCALC e Exemplo do Alva



Fonte: Elaborado pelos autores

Com isso, considerando as diferenças pequenas entre os valores do Alva (2007) e do programa, pode-se afirmar que o programa PPCALC encontra-se validado.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 SAPATA ISOLADA

Com o programa PPCALC é possível realizar o cálculo estrutural de sapatas do tipo isolada e do tipo corrida, sendo que para a realização do dimensionamento de sapatas isoladas o programa apresentará a interface da Fig. 22 na qual o usuário do programa deve inserir os dados necessários ao cálculo.

O cálculo estrutural é feito no programa tendo como dados de entrada os momentos em torno do eixo principais de inércia X e Y, as dimensões dos pilares, carregamentos em geral e o diâmetro das barras da armadura do pilar. Para efeito de dimensionamento o usuário deve informar ao programa quais barras de aço deseja empregar na armadura das sapatas e por fim o fck do concreto no qual o elemento de fundações será feito, essa inserção corre através da caixa de listagem denominada Classe do concreto. Sendo que os códigos de cálculos para o dimensionamento da sapata são apresentado no apêndice deste trabalho.

Figura 22 - Interface do PPCALC (Sapata Isolada)

The screenshot shows the PPCALC software interface for isolated footing design. The window title is 'PPCALC'. The 'Especificações de Projetos' tab is active, showing 'Sondagem' and 'Page3'. The 'Sapata Isolada' tab is selected. The interface includes several input fields and dropdown menus for defining the footing and column parameters. A central diagram illustrates the footing with applied forces and moments. To the right, a diagram shows the main reinforcement layout. At the bottom, there are buttons for 'Salvar dados' and 'Avançar'.

Seção do Pilar

a (cm)

b (cm)

Solicitação

Fy (kN)

Fz (kN)

Fx (kN)

Mx (kNm)

My (kNm)

Classe do Concreto

Tipo de Ancoragem

Armadura do Pilar

Armadura da Sapata

Diagrama de Forças e Momentos: Forças F_z , F_y , F_x e Momentos M_x , M_y atuando sobre a sapata.

Diagrama de Armadura: Armadura Principal (representada por pontos azuis nos cantos de um retângulo).

Dimensões: a e b (representadas em um retângulo hachurado).

Botões: Salvar dados, Avançar.

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a completa entrada de dados é possível fazer o dimensionamento das

sapatas e o detalhamento das armaduras. É mostrada na imagem (Fig. 23):

Figura 23 - Interface PPCALC preenchida (sapata isolada)

Fonte: Elaborado pelos autores

Para os cálculos feitos no PPCALC é necessária a tensão admissível do solo a qual é obtida através de dados de sondagem SPT, os quais são inseridos pelo usuário do programa na aba apresentada pela Fig. 24. Sendo que os códigos para o cálculo da tensão admissível são apresentados no apêndice deste trabalho.

Figura 24- Interface do PPCALC (Sondagem)

Fonte: Elaborado pelos autores

Com o objetivo de ilustrar os resultados obtidos no programa PPCALC, foi realizado o cálculo estrutural das sapatas para o projeto apresentado por Cardoso (2013) tendo como dados de entradas os apresentados no Quadro 03 para cada pilar, sendo adotada uma tensão admissível de 0,25 MPa para o dimensionamento, em conformidade com Cardoso (2013):

Quadro 03 - Exemplo Cardoso

PILAR	b (cm)	a (cm)	M _x (KNm)	M _y (KNm)	F _z (KN)	pilar (mm)	sapata (mm)	Con.
P1	12	40	12,66	10,77	291,94	10	8	C30
P2	12	40	17,39	0	534,81	12,5	10	C30
P3	12	40	12,66	10,77	291,94	10	8	C30
P4	12	40	4,73	18,9	558,43	12,5	10	C30
P5	12	40	0	0	1122,21	16	12,5	C30
P6	12	40	4,73	18,9	558,43	12,5	10	C30
P7	12	40	0	11,34	582,08	12,5	10	C30
P8	12	40	0	85,51	854,15	12,5	10	C30
P9	12	40	0	11,34	470,17	12,5	10	C30
P10	12	40	0	11,34	582,08	12,5	10	C30
P11	12	40	0	85,51	854,15	12,5	10	C30
P12	12	40	0	11,34	470,17	12,5	10	C30
P13	12	40	4,73	18,9	558,43	12,5	10	C30
P14	12	40	0	0	1122,21	16	12,5	C30
P15	12	40	4,73	18,9	558,43	12,5	10	C30
P16	12	40	12,66	10,77	291,94	10	8	C30
P17	12	40	17,39	0	534,81	12,5	10	C30
P18	12	40	12,66	10,77	291,94	10	8	C30

Fonte: Adaptado de Cardoso (2013)

Assim, com a inserção dos dados, através dos códigos inseridos no VBA foi possível executar o cálculo das sapatas isoladas e fazer o seu dimensionamento estrutural, de acordo com o Quadro 04, na qual são mostrados as dimensões e área de aço necessária para as armaduras nas direções correspondentes a cada lado da sapata, na qual se pode observar que os valores não são muito diferentes daqueles apresentados por Cardoso (Quadro 05). Considerou-se com denominação de A o maior lado da sapata e B o menor lado. As etapas de cálculo passam pela determinação da tensão admissível do solo, determinação da tensão solicitante, determinação do momento fletor interno e as verificações quanto ao cisalhamento junto às faces do pilar e na borda do cone de

puncionamento.

Quadro 04 - Dimensões e Armaduras das Sapatas (PPCALC)

Sap.	B (m)	A (m)	h (m)	As A (cm ²)	As B (cm ²)	Nº de Barras A	Esp. A (cm)	Nº de Barras B	Esp. B (cm)
S1	1,05	1,35	0,4	5,99	7,58	5	20	7	15,84
S2	1,35	1,65	0,45	8,30	10,88	11	15,3	14	9,62
S3	1,05	1,35	0,4	5,99	7,58	5	20	7	15,84
S4	1,35	1,65	0,45	8,30	11,37	11	15,3	15	8,93
S5	2,1	2,4	0,7	21	24,00	18	13,53	20	10,53
S6	1,35	1,65	0,45	8,30	11,37	11	15,3	15	8,93
S8	1,8	2,10	0,6	15,12	17,96	20	10,43	23	7,73
S7	1,8	2,10	0,6	15,12	17,96	20	10,43	23	7,73
S9	1,2	1,5	0,4	6,48	9,44	9	17,25	13	9,17
S10	1,35	1,65	0,45	8,30	11,86	11	15,3	16	8,34
S11	1,8	2,10	0,6	15,12	17,96	20	10,43	23	7,73
S12	1,2	1,5	0,4	6,48	9,44	9	17,25	13	9,17
S13	1,2	1,5	0,4	6,48	9,44	9	17,25	13	9,17
S14	2,1	2,4	0,7	21,00	24,00	18	13,53	20	10,53
S15	1,35	1,65	0,45	8,30	11,37	11	15,3	15	8,93
S16	1,05	1,35	0,4	5,99	7,58	5	20	7	15,84
S17	1,35	1,65	0,45	8,30	10,88	11	15,3	14	9,62
S18	1,05	1,35	0,4	5,99	7,58	5	20	7	15,84

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 05- Dimensões e Armaduras das Sapatas (Carvalho)

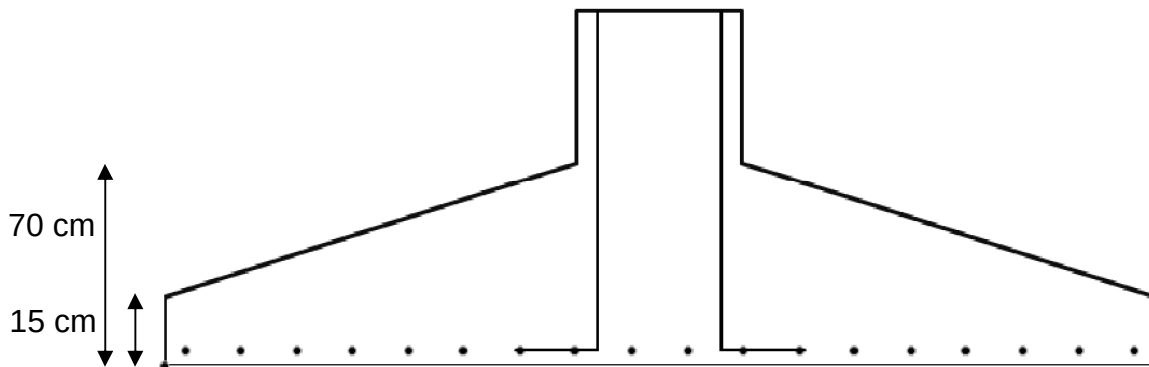
Sap.	B (m)	A (m)	h (m)	As A (cm ²)	As B (cm ²)	Nº de Barras A	Esp. A (cm)	Nº de Barras B	Esp. B (cm)
S1	1	1,3	0,35	5,59	7,97	6	18,32	8	13,57
S2	1,3	1,6	0,45	8,52	10,03	11	13,43	13	8,32
S3	1	1,3	0,35	5,59	7,97	6	18,32	8	13,57
S4	1,3	1,6	0,45	8,52	10,38	11	13,43	13	8,32
S5	2	2,35	0,65	20,72	23,32	18	11,6	20	8,92
S6	1,3	1,6	0,45	8,52	10,38	11	13,9	13	8,32
S7	1,75	2,05	0,55	15,84	17	20	8,51	15	5,95
S8	1,75	2,05	0,55	15,84	17	20	8,51	15	5,95
S9	1,15	1,45	0,45	8,61	9,69	9	15,72	13	7,89
S10	1,3	1,6	0,45	8,52	10,38	11	13,33	15	6,98
S11	1,75	2,05	0,55	15,84	17	20	8,51	15	5,95
S12	1,15	1,45	0,45	7,61	9,69	9	15,72	13	7,89
S13	1,15	1,45	0,45	7,61	9,69	9	15,72	13	7,89
S14	2	2,35	0,65	20,72	23,32	18	11,6	20	8,92
S15	1,3	1,60	0,45	8,52	10,38	11	13,33	13	8,32
S16	1	1,35	0,35	5,41	7,67	6	18,32	8	13,57
S17	1,3	1,6	0,45	8,52	10,03	11	13,43	13	8,32
S18	1	1,3	0,35	5,41	7,97	6	18,32	8	13,57

Fonte: Adaptado de Cardoso (2013)

O programa PPCALC, além de realizar os cálculos, é capaz de demonstrar graficamente o desenho de cada sapata e o detalhamento de suas armaduras. Assim é possível ter uma visão em planta dos elementos de fundação, bem como uma visão em

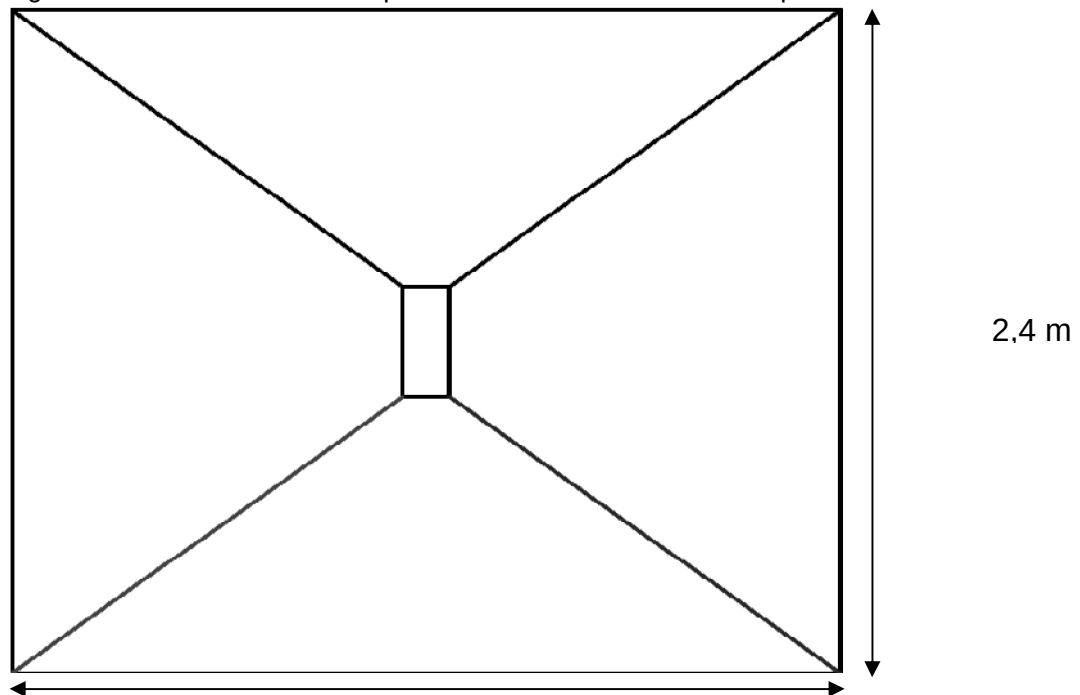
corte, como é demonstrado nas figuras onde foi apresentada a planta de forma e corte da sapata calculada para o pilar de maior carga apresentado no exemplo de Cardoso (2013) de acordo com a Fig. 25 e Fig. 26.

Figura 25 - Vista em corte da sapata de maior dimensão do exemplo



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 26 - Vista em corte da sapata de maior dimensão do exemplo

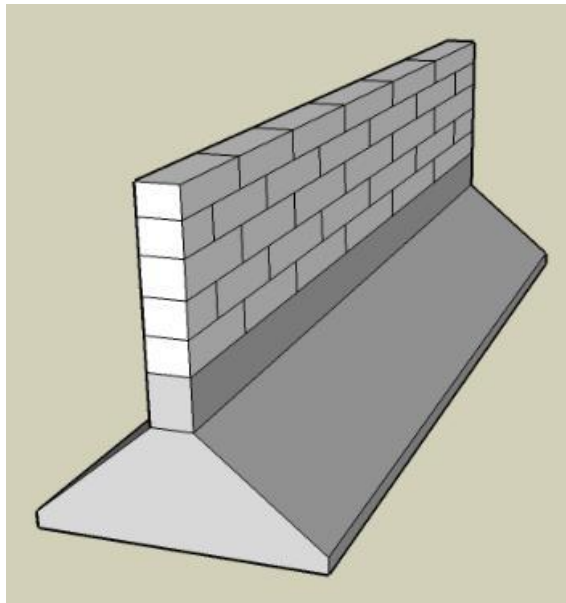


Fonte: Elaborado pelos autores

6.2 SAPATA CORRIDA

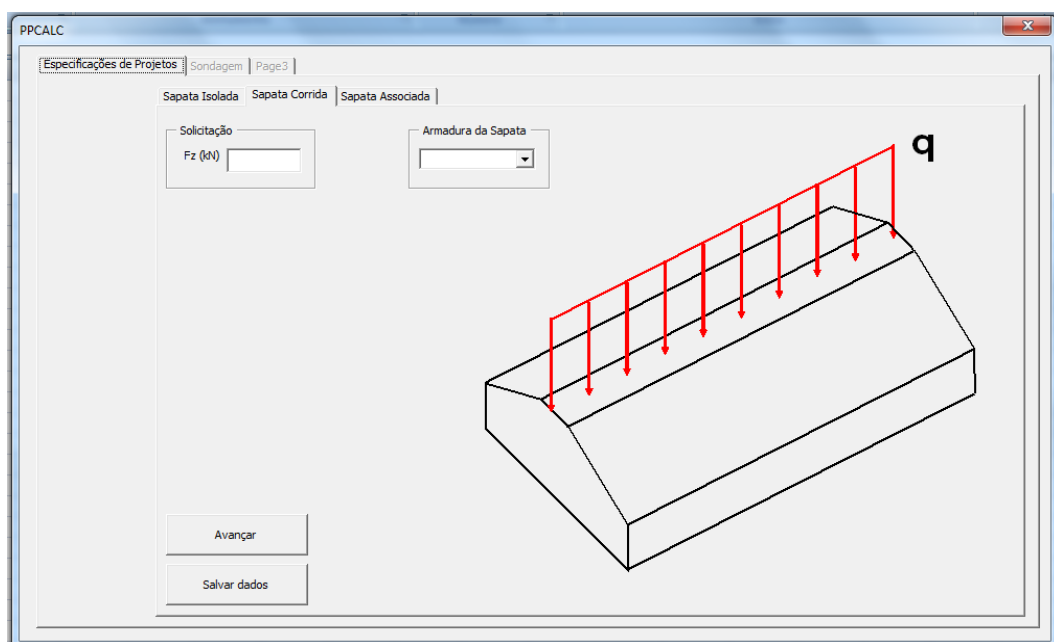
Para a realização de cálculos de sapatas do tipo corrida o programa apresentará a interface da Fig. 28, tendo como dados de entrada o diâmetro da armadura que será utilizada nas sapatas e também o diâmetro da armadura da parede e por fim a carga que a parede exercerá sobre a fundação (Fig. 27). Sendo que os códigos para o dimensionamento da sapata corrida são apresentados no apêndice deste trabalho.

Figura 27 - Parede



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 28 - Interface do PPCALC (Sapata Corrida)

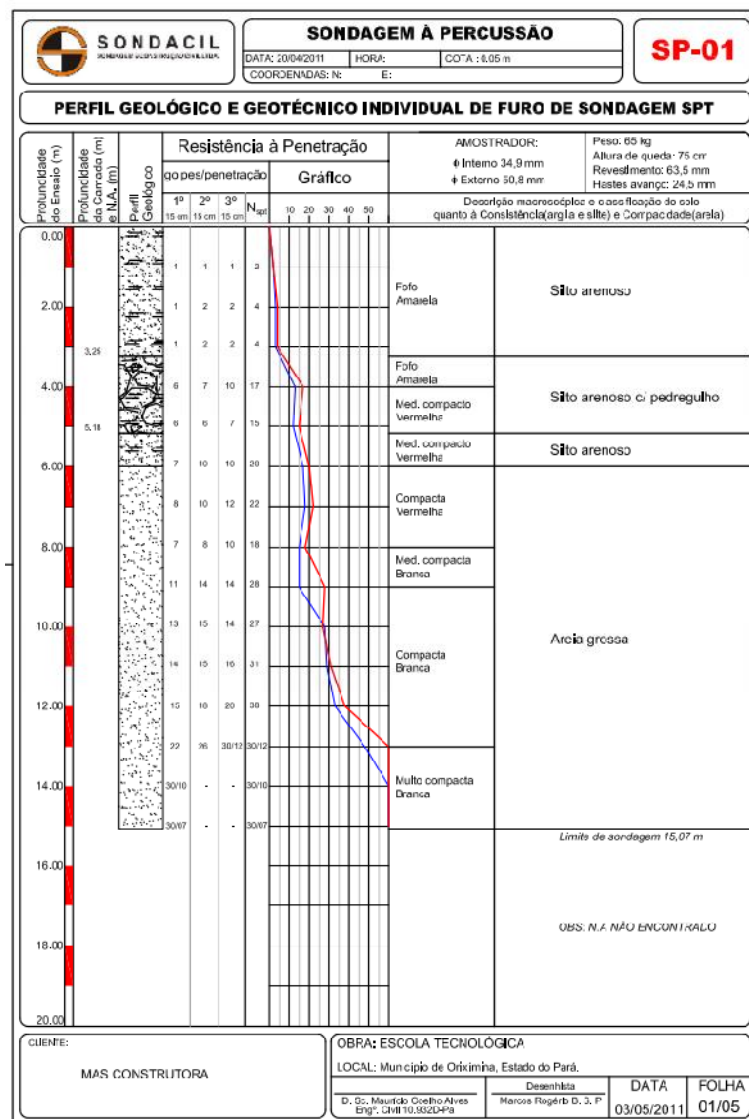


Fonte: Elaborado pelos autores

A fim de exemplificar os resultados obtidos no programa no caso do cálculo para uma sapata corrida, foram realizado os cálculos para uma alvenaria considerando o peso de 1500 kg/m^3 multiplicado por uma espessura de parede $0,15 \text{ m}$ e pela altura da parede, cujo resultado obtido é dado em carga distribuída ao longo do comprimento da sapata. Assim, o cálculo da sapata corrida foi feito em conformidade com este valor considerando uma altura de 3 m de parede, para armadura de $6,3 \text{ mm}$ diâmetro para a sapata.

O dimensionamento da sapata corrida foi realizado conforme a sondagem apresentada pela Fig. 29, cujo resultado da tensão admissível do solo foi $133,33 \text{ Kpa}$.

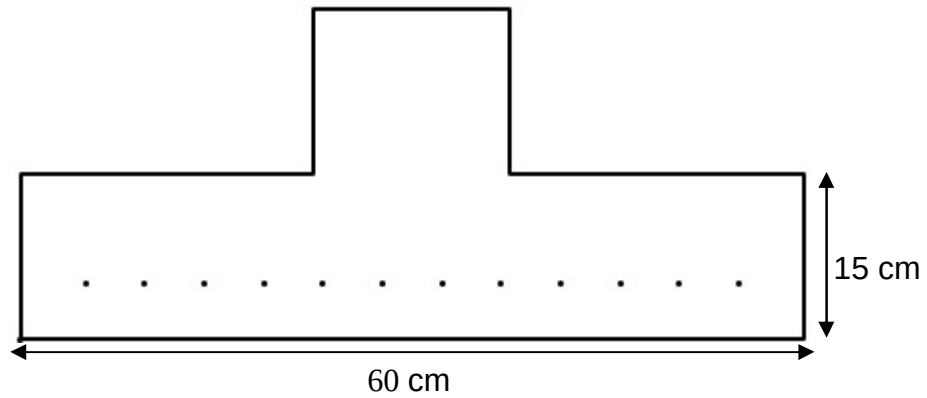
Figura 29 - Sondagem NSPT



Fonte: Sondacil

Desta maneira obtendo-se como resultado uma sapata corrida de 0,6 m para a menor dimensão e com altura de 0,15 m, uma área de aço de 3,6 cm² correspondente a 12 barras distribuídas a cada 4,55 cm (Fig. 30).

Figura 30 - Sapata corrida (PPCALC)



Fonte: Elaborado pelos autores

O programa se mostrou bastante eficaz, visto que consegue fazer o dimensionamento de forma rápida e precisa.

7 CONCLUSÃO

Para concluir, as fundações em uma obra de qualquer que seja o porte são de suma importância levando em conta que são elas que não só suportarão as cargas do edifício, como também as transmitirão para o solo de uma maneira que não provoque danos a estrutura da edificação que possa levar a ruína e nem que possa ocasionar transtornos aos usuários dela, também é de grande importância que as fundações sejam projetadas de uma forma econômica, assim é notável a necessidade de um bom planejamento para obras, quaisquer que sejam, e o primeiro passo para um bom planejamento é que os projetos sejam criados com a máxima cautela possível, por isso os programas computacionais são ferramentas de importância singular, pois através desses programas é que se podem gerar os projetos de forma ideal.

Desta maneira, levando em consideração a necessidade de programas práticos para o dimensionamento de sapatas foi criado o PPCALC um programa capaz de fazer o dimensionamento de sapatas do tipo isoladas e corrida, além de apresentar graficamente as dimensões dos elementos de fundações, bem como o seu detalhamento estrutural, assim comprovados através da validação e resultados do programa que foram apresentados nesta obra. Onde na primeira o programa foi devidamente validado, levando em conta o exemplo dado na obra de Alva de 2007, a partir do qual foi realizado o dimensionamento de uma sapata do tipo isolada tendo como dados de entradas no programa os que foram apresentados neste exemplo e que a partir dos cálculos foi realizada uma comparação entre a sapata calculada pelo exemplo e a sapata que foi dimensionada pelo PPCALC, sendo que, em conformidade com essa comparação, pode-se verificar que o programa apresentava resultados, senão iguais, mas muito próximo do calculado pelo Alva, assim o programa apresentou-se devidamente validado. Quanto aos resultados que foram obtidos pelo PPCALC, eles foram demonstrados nesta obra através de alguns exemplos, onde alguns foram realizados para sapatas do tipo isolada e outro para uma sapata do tipo corrida. Para exibir os resultados para sapatas do tipo isoladas, foram efetuados o dimensionamento de 18 elementos de fundação deste tipo apresentadas na obra de Cardoso de 2013, sendo que o *software* efetuou o dimensionamento com valores muito próximos aos obtidos pelo autor da obra, sendo feito em menos de 20 minutos, comprovando que o *software* é muito eficaz na realização de suas tarefas. Por fim para exibir os resultados para uma sapata do tipo corrida foi feito o seu cálculo estrutural para a sondagem da empresa sondacil, onde os resultados obtidos

foram muito satisfatórios. Assim foi verificado que os valores dados pelo *software*, não só são verídicos como também são suficientemente aceitável.

Esses dimensionamentos são realizados a partir das sondagens, que é inserida pelos usuários do programa, através das quais é possível a obtenção da tensão admissível do solo, onde conforme o seu valor é realizado os cálculos para a obtenção das dimensões e de suas armaduras, em consoante com os dados inseridos na interface do programa pelo usuário.

O PPCALC além de considerar o dimensionamento estrutural utilizando a tensão admissível do solo e o carregamento normal em sua rotina de cálculo o dimensionamento dos elementos de fundações leva em conta os momentos fletores atuantes nos pilares e dimensiona as sapatas de forma que eles tenham o comportamento de placa rígida.

Considerar momentos atuantes é um fato que muito geotécnicos negligenciam uma vez que a metodologia de cálculo é mais complexa do que apenas levar em conta o conceito de tensão normal. Então o uso desse programa além de agilizar os projetos de fundações superficiais também garante que o dimensionamento seja seguro e eficaz para a execução de elementos de fundações como sapatas isoladas e corridas.

Ressalta-se que o programa possui limitações quanto a realização de cálculos de quantitativo de materiais e de dimensionamento de sapatas de divisas, assim não sendo capaz de apresentar o quantitativo de materiais para a execução de sapatas de nem um tipo e também não sendo capaz de fazer o dimensionamento estrutural de sapatas de divisas.

Importante salientar que o programa não é capaz de realizar cálculos de recalques para as sapatas, ficando como sugestão para continuidade deste trabalho a criação de um programa que possa executar esse cálculo, tendo em conta a grande necessidade que é para qualquer engenheiro o conhecimento de recalques em edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alva, G. M. S. **Projeto estrutural de sapatas**. 2007. 39p. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

AZEREDO, H.A. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher. 1997,p. 29-47.

BARATA, F. E. **Propriedades Mecânicas dos Solos: Uma Introdução ao Projeto de Fundações**. Rio de Janeiro: S.A, 1984.

BRAGA, V. D. F. **Estudo dos Tipos de Fundações em Edifícios de Múltiplos Pavimentos na Região Metropolitana de Fortaleza**. 2009. 70f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal Do Ceará, Fortaleza, 2009.

HANSEN, J. B. **A general formula for bearing capacity**. Danish Geotechnical Institute, n. 11 , 1961 , 10 p.

CAMARGO, F. E. **Estado Limite de Fundações Considerando a Resposta da Superestrutura**. 2002. 281f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil, Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

CARDOSO, R. V. P. **Projeto Estrutural em Concreto Armado**. 2013. 144f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CARDOSO, A. F. C. **Desenvolvimento de um programa de cálculo de sapatas de betão armado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) ĩ Universidade de Aveiro. Aveiro,Portugal, 2011, 102 f.

CARVALHO, F. V. M. **Otimização dos custos dos projetos de estaqueamento através de uma planilha de cálculo eletrônica de fundações profundas**. Tese (Mestrado em Projeto de Estruturas) ĩ Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014, 126 p.

CARVALHO, R. C; PINHEIRO L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 1. Ed. São Paulo: PINI. 2009, 589p.

CINTRA, J. C .A; AOKI, N; ALBIERO J. H. **Tensão Admissível em Fundações Diretas**. São Carlos: RIMA. 2003. 142p.

CINTRA, J. C .A; AOKI, N; ALBIERO J. H. **Fundações Diretas Projeto Geotécnico**. São Paulo: Oficina de Textos. 140p.

COSTA, Y. D. J.; **Estudo do Comportamento de Solo não Saturado Através de Provas de Carga em Placas**. 1999. 160f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) ĩ Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos. 1999.

FERREIRA, T. R.; DELALIBERA, R. G.; SILVA, W. A. **Rotina computacional para a**

previsão da capacidade de carga em estacas. Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Vol. 8 – nº 3 – jun – Catalão/GO, 2014, 38-50 p.

MEYERHOF, G. G. **Some recent research on the bearing capacity of foundations**, Vol. 1 – n. 1 – 1963, 16-22 p.

QUARESMA, A.R.; DÉCOURT, L.; QUARESMA FILHO, A.R.; ALMEIDA, M.S.S.; DANZIGER, F. Investigações geotécnicas. In: HACHICH, W.; FALCONI, F.F.; SAES, J.L.; FROTA, R.G.Q.; CARVALHO, C.S.; NIYAMA, S. (Org.). **Fundações: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1998. p. 119-162.

OLIVEIRA, B.L.M.; AMANCIO, L.B. **Otimização Do Cálculo Da Capacidade De Carga E Tensão Admissível Do Solo Para Sapatas Isoladas**. Disponível em: <http://www.REEC.com.br>.

TERZAGHI, K. **Theoretical soil mechanics**. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1943.

TIZOTT, R. M. **Comparação do Custo Benefício entre Dois Tipos de Fundações: Sapata e Rígida e Radier**. 2013. 117f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2013.

VÉSIC, A. S. **Bearing capacity of shallow foundations**. In: H. F. Winterkorn; H. Y. Fang (Eds.); New York: Van Nostrand Reinhold Co., 1975.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6122: Projeto e execução de fundações- Procedimentos. Rio de Janeiro: 2010, 33p

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto -Procedimentos. Rio de Janeiro: 2014, 225p

APÊNDICE

CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO

Apêndice A- Códigos para o botão avançar da sapata isolada

```
Private Sub Avançar1_Click()

    Select Case MultiPage1.Value
    Case 0
        With MultiPage1
            .Value = MultiPage1.Value + 1
            .Pages(1).Enabled = True
            .Pages(0).Enabled = False
        End With
        Avançar1.Enabled = True

    Case 1
        With MultiPage1
            .Value = MultiPage1.Value + 1
            .Pages(2).Enabled = True
            .Pages(1).Enabled = False
        End With

    End Select

End Sub
```

Apêndice B- Códigos para o botão avançar da sapata corrida

```

Private Sub avançar3_Click()

    Select Case MultiPage1.Value
    Case 0
    With MultiPage1
    .Value = MultiPage1.Value + 1
    .Pages(1).Enabled = True
    .Pages(0).Enabled = False
    End With
    avançar3.Enabled = True
    Case 1
    With MultiPage1
    .Value = MultiPage1.Value + 1
    .Pages(2).Enabled = True
    .Pages(1).Enabled = False
    End With

End Select

    Sheets(4).Select

    Cells(1, 1) = "q"
    Cells(1, 2) = "B"
    Cells(1, 3) = "Bitola Sapata"
    Cells(1, 4) = "Bitola Pilar"

    If bitola_sapata2.Text = "5,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 5
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "6,3 mm" Then
        Cells(2, 3) = 6.3
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "6,3 mm" Then
        Cells(2, 3) = 6.3
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "10,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 10
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "12,5 mm" Then
        Cells(2, 3) = 12.5
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "16,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 16
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "20,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 20
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "22,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 22
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "25,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 25
    ElseIf bitola_sapata2.Text = "32,0 mm" Then
        Cells(2, 3) = 32
    End If

End Sub

```

Apêndice C- Códigos para o botão cadastrar sondagem

Private Sub Cadastrar_Sondagem_Click()

pergunta = MsgBox("Cadastrar Sondagem?", vbYesNo + vbQuestion)

If pergunta = vbYes Then
GoTo continua

Else

GoTo arrumar

End If

continua:

SUB_Enter_por_Underline = Replace(t1.Text, vbCrLf, "_") & "_"

'a variavel |SUB_Enter_por_Underline| salva os valores digitado na caixa de texto e adiciona os "_" em substituição de cada enter

cont_caract = Len(SUB_Enter_por_Underline)

'contar a quantidade de caracteres na SUB_Enter_por_Underline

Sheets(2).Select

If Cells(1, 1) = "" Then
ndesondagem = 1

Cells(1, 1) = "Sondagem " & ndesondagem

Else
Cells(1, 1).Select

While ActiveCell.Offset(1, 1) <> ""
ndesondagem = ndesondagem + 1
ActiveCell.Offset(0, 2).Select
Wend

ndesondagem = ndesondagem + 1
Cells(1, ndesondagem * 2 - 1) = "Sondagem " & ndesondagem

End If

n = 1

If Cells(1, 1) = "" Then

While n < cont_caract

Loc_Underline = WorksheetFunction.Search("_", SUB_Enter_por_Underline, n)

cont = cont + 1

Cells(cont + 1, ndesondagem) = cont

Cells(cont + 1, ndesondagem + 1) = Mid(SUB_Enter_por_Underline, n, Loc_Underline -

n)

n = 1 + Loc_Underline

Wend

Else

While n < cont_caract

Loc_Underline = WorksheetFunction.Search("_", SUB_Enter_por_Underline, n)

cont = cont + 1

Cells(cont + 1, ndesondagem * 2 - 1) = cont

Cells(cont + 1, ndesondagem * 2) = Mid(SUB_Enter_por_Underline, n, Loc_Underline -

n)

n = 1 + Loc_Underline

Wend

End If

While n < cont_caract

Loc_Underline = WorksheetFunction.Search("_", SUB_Enter_por_Underline, n)

cont = cont + 1

Cells(cont + 1, ndesondagem + 1) = Mid(SUB_Enter_por_Underline, n, Loc_Underline - n)

n = 1 + Loc_Underline

Wend

Me.n_de_sondagens.Caption = ndesondagem & " Sondagem Cadastrada"

resposta = MsgBox("Sondagem Cadastrada como Sucesso. Deseja cadastrar uma nova sondagem?", vbYesNo + vbQuestion)

```
If resposta = vbYes Then
```

```
t1 = ""
```

```
End If
```

```
arrumar:
```

```
End Sub
```

Apêndice D- Códigos para o botão de cálculo da sapata corrida

```
Private Sub Calcularsapatacorrida_Click()
```

```
'CÁLCULO NSPT MÉDIO
```

```
Sheets(2).Select  
Cells(1, 1).Select
```

```
If Cells(1, 1) <> "" Then
```

```
    While ActiveCell.Offset(1, 1) <> ""  
        calculo_nspt_medio = calculo_nspt_medio + 1  
        ActiveCell.Offset(0, 2).Select  
    Wend
```

```
Dim M_NSPT() As Double  
ReDim M_NSPT(calculo_nspt_medio + 1)
```

```
embutimento = CInt(embutimento)
```

```
    For i = 1 To calculo_nspt_medio  
        Sheets(2).Select  
        M_NSPT(i) = WorksheetFunction.Average(Range(Cells(embutimento + 2, 2 * i),  
Cells(embutimento + 7, 2 * i)))
```

```
,
```

```
'-----
```

```
--
```

```
        tensao = (M_NSPT(i) / 50) * 1000
```

```
c = 5  
dag = 2
```

```
lado_b22 = (sc_q / tensao) ^ 0.5
```

```
If lado_b22 < 0.6 Then
```

```
    lado_b2 = 0.6
```

```
Else
```

```
    lado_b2 = lado_b22
```

End If

$h = (\text{lado_b2} - (15 / 100)) / 3$
 $h0 = h / 3$

Sheets(4).Select

Cells(2, 1) = sc_q & " KN"
 Cells(2, 2) = lado_b2 & " m"

$\text{Asb} = 0.0015 * \text{lado_b2} * 0.4 * 10000$

'lado b

$n_barrab = \text{Asb} / ((\text{WorksheetFunction.Pi} * (\text{Cells}(2, 3) ^ 2) / 4) / 100)$

$n_barrab1 = \text{WorksheetFunction.RoundUp}(n_barrab, 0)$

$\text{Sb1} = ((\text{lado_b2}) * 100 - (2 * c)) / (n_barrab1 - 1)$

$\text{Sb2} = \text{WorksheetFunction.RoundUp}(\text{Sb1}, 2)$

$\text{espacamentomax} = 20$

$\text{Sa3} = 1.2 * \text{dag}$

If Sb2 >= Sa3 Then

$\text{Sespb} = \text{Sb2}$

 ElseIf Sb2 < Sa3 Then

$\text{Sespb} = \text{Sa3}$

 End If

If Sespb >= 2 Then

$\text{espacamentob1} = \text{Sespb}$

 ElseIf Sespb < 2 Then

$\text{espacamentob1} = 2$

End If

If $\text{espacamentob1} > \text{espacamentomax}$ Then

$\text{espacamentob} = \text{espacamentomax}$

Else

espacamentob = espacamentob1

End If

'-----

'CORTE SAPATA LADO B

'calculo

pc1x = 0

pc1y = 0

pc2x = lado_b2

pc2y = 0

pc3x = lado_b2

pc3y = h

pc4x = (lado_b2 + 15 / 100) / 2

pc4y = h

pc5x = (lado_b2 + 15 / 100) / 2

pc5y = h + 0.5

pc6x = (lado_b2 - 15 / 100) / 2

pc6y = h + 0.5

pc7x = (lado_b2 - 15 / 100) / 2

pc7y = h

pc8x = 0

pc8y = h

'escrever

Cells(7, 2 * i - 1 + 5) = "Xcorte sapata "

Cells(7, 2 * i + 5) = "Ycorte sapata "

Cells(8, 2 * i - 1 + 5) = pc1x

Cells(8, 2 * i + 5) = pc1y

Cells(9, 2 * i - 1 + 5) = pc2x

Cells(9, 2 * i + 5) = pc2y

Cells(10, 2 * i - 1 + 5) = pc3x

Cells(10, 2 * i + 5) = pc3y

Cells(11, 2 * i - 1 + 5) = pc4x

Cells(11, 2 * i + 5) = pc4y

Cells(12, 2 * i - 1 + 5) = pc5x

Cells(12, 2 * i + 5) = pc5y

Cells(13, 2 * i - 1 + 5) = pc6x

Cells(13, 2 * i + 5) = pc6y

Cells(14, 2 * i - 1 + 5) = pc7x

Cells(14, 2 * i + 5) = pc7y

Cells(15, 2 * i - 1 + 5) = pc8x

Cells(15, 2 * i + 5) = pc8y

Cells(16, 2 * i - 1 + 5) = pc1x

Cells(16, 2 * i + 5) = pc1y

```

'-----
'escrever espaçamento

Cells(5, 2 * i) = "Área de Aço Lado B (cm²)"

Cells(5, 2 * i + 2) = "Espaçamento Lado B (cm)"

Cells(5, 2 * i + 4) = "Número de Barras Lado B (und.)"

Cells(6, 2 * i) = Asb

Cells(6, 2 * i + 2) = espacamentob

Cells(6, 2 * i + 4) = n_barrab1

If espacamentob < 20 And espacamentob > 2 Then

    espacamentob_totalb = espacamentob * n_barrab1
    espaco_entre_barrasb = 5
    Cells(7, 3).Select

    Cells(7 + n_barrab1 + 1, 3) = 0
    Cells(7 + n_barrab1 + 1, 4) = 0

    While ActiveCell.Offset(1, 0) = ""
        calculo_espacamentob = calculo_espacamentob + 1
        ActiveCell.Offset(1, 0).Select
    Wend

    For b = 1 To calculo_espacamentob
        Cells(7 + b, 4) = 5 / 100
        Cells(7 + b, 3) = (espaco_entre_barrasb) / 100
        Cells(7, 3) = "X Barras lado B" & i
        Cells(7, 4) = "Y Barras lado B" & i
        espaco_entre_barrasb = espacamentob + espaco_entre_barrasb
    Next b

Else

    espacamentob_totalb = espacamentob * n_barrab1
    espaco_entre_barrasb = (lado_b2 / 2) * 100 - (espacamentob_totalb / 2)
    Cells(7, 3).Select

    Cells(7 + n_barrab1 + 1, 3) = 0
    Cells(7 + n_barrab1 + 1, 4) = 0

```

```
While ActiveCell.Offset(1, 0) = ""  
    calculo_espacamentob = calculo_espacamentob + 1  
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
```

```
Wend
```

```
For b = 1 To calculo_espacamentob
```

```
    Cells(7 + b, 4) = 5 / 100
```

```
    Cells(7 + b, 3) = (espaco_entre_barrasb) / 100
```

```
    Cells(7, 3) = "X Barras lado B" & i
```

```
    Cells(7, 4) = "Y Barras lado B" & i
```

```
    espaco_entre_barrasb = espacamentob + espaco_entre_barrasb
```

```
Next b
```

```
End If
```

```
' End If
```

```
Next i
```

```
End If
```

```
End Sub
```

Apêndice E- Códigos para o botão de cálculo da sapata isolada

```
Private Sub Calcularsapataisolada_Click()
```

```
'CÁLCULO NSPT MÉDIO
```

```
Sheets(2).Select  
Cells(1, 1).Select
```

```
If Cells(1, 1) <> "" Then
```

```
    While ActiveCell.Offset(1, 1) <> ""  
        calculo_nspt_medio = calculo_nspt_medio + 1  
        ActiveCell.Offset(0, 2).Select  
    Wend
```

```
Dim M_NSPT() As Double  
ReDim M_NSPT(calculo_nspt_medio + 1)
```

```
embutimento = CInt(embutimento)
```

```
For i = 1 To calculo_nspt_medio  
    Sheets(2).Select  
    M_NSPT(i) = WorksheetFunction.Average(Range(Cells(embutimento + 2, 2 * i),  
Cells(embutimento + 7, 2 * i)))
```

```
,
```

```
'-----  
    tensao = (M_NSPT(i) / 50) * 1000
```

```
'CÁLCULO DOS LADOS (PRIMEIRA HIPÓTESE)
```

```
    Sheets(1).Select
```

```
    If si_fz = 0 And si_fx = 0 And si_mx = 0 And si_my = 0 Then
```

```
        area = (1.1 * si_fy) / tensao
```

```
        lado_a1 = (((si_a) / 100 - (si_b) / 100) / 2) + Sqr((((si_a) / 100 - (si_b) / 100) ^ 2) / 4)  
+ area)
```

```
        lado_b1 = area / lado_a1
```

```
        lado_a2 = WorksheetFunction.RoundUp(lado_a1, 1)
```

lado_b2 = WorksheetFunction.RoundUp(lado_b1, 1)

'calculo do embutimento

If tipo_ancoragem.Text = "Com Gancho" Then

If classe_concreto.Text = "Classe C15" Then

h1 = (37 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C20" Then

h1 = (31 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C25" Then

h1 = (26 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C30" Then

h1 = (23 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C35" Then

h1 = (21 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C40" Then

h1 = (19 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C45" Then

h1 = (18 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C50" Then

h1 = (17 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

End If

ElseIf tipo_ancoragem.Text = "Sem Gancho" Then

If classe_concreto.Text = "Classe C15" Then

h1 = (53 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C20" Then

h1 = (44 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C25" Then

h1 = (38 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C30" Then

h1 = (33 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C35" Then

h1 = (30 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C40" Then

h1 = (28 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C45" Then

h1 = (25 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C50" Then

h1 = (24 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

End If

End If

h2 = (lado_a2 - (Cells(2, 2) / 100)) / 3

If $h_2 > h_1$ Then

$h = h_2$

Else

$h = h_1$

End If

$h_0 = h / 3$

'-----

'CÁLCULO DOS LADOS (SEGUNDA HIPÓTESE)

Else

$lado_b2 = 0.6$

$w_x = lado_b2^2 * (lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100))$

$w_y = lado_b2 * (lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100))^2$

$tensao_solicitante = (1.1 * si_fy) / (lado_b2 * (lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100))) + (6 * si_mx / w_x) + (6 * si_my / w_y)$

While $tensao_solicitante > tensao$

$w_x = lado_b2^2 * (lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100))$

$w_y = lado_b2 * (lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100))^2$

$tensao_solicitante = (1.1 * (si_fy / 1.4)) / (lado_b2 * (lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100))) + (6 * (si_mx / 1.4) / w_x) + (6 * (si_my / 1.4) / w_y)$

lado_b2 = lado_b2 + 0.05

lado_a2 = lado_b2 - (si_b / 100) + (si_a / 100)

'calculo do embutimento

If tipo_ancoragem.Text = "Com Gancho" Then

If classe_concreto.Text = "Classe C15" Then

h1 = (37 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C20" Then

h1 = (31 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C25" Then

h1 = (26 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C30" Then

h1 = (23 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C35" Then

h1 = (21 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C40" Then

h1 = (19 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C45" Then

h1 = (18 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C50" Then

h1 = (17 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

End If

ElseIf tipo_ancoragem.Text = "Sem Gancho" Then

If classe_concreto.Text = "Classe C15" Then

h1 = (53 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C20" Then

h1 = (44 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C25" Then

h1 = (38 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C30" Then

h1 = (33 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C35" Then

h1 = (30 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C40" Then

h1 = (28 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C45" Then

h1 = (25 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

ElseIf classe_concreto.Text = "Classe C50" Then

h1 = (24 * Cells(2, 10)) / 1000 + (0.05)

End If

End If

$$h2 = (\text{lado_a2} - (\text{Cells}(2, 2) / 100)) / 3$$

If $h2 > h1$ Then

$$h = h2$$

Else

$$h = h1$$

End If

$$h0 = h / 3$$

,

'CÁLCULO DA ÁREA DE AÇO

Wend

End If

$$wa = (\text{lado_a2}^2 * \text{lado_b2}) / 6$$

$$wb = (\text{lado_a2} * \text{lado_b2}^2) / 6$$

$$\text{balanco} = (\text{lado_a2} - (\text{si_a} / 100)) / 2$$

$$\text{tensao_1} = ((1.1 * \text{Cells}(2, 5)) / (\text{lado_a2} * \text{lado_b2})) + ((\text{Cells}(2, 7)) / wb) + ((\text{Cells}(2, 8)) / wa)$$

$$\text{tensao_2} = ((1.1 * \text{Cells}(2, 5)) / (\text{lado_a2} * \text{lado_b2})) - ((\text{Cells}(2, 7)) / wb) - ((\text{Cells}(2, 8)) / wa)$$

$$\text{tensao_3} = ((1.1 * \text{Cells}(2, 5)) / (\text{lado_a2} * \text{lado_b2})) - ((\text{Cells}(2, 7)) / wb) + ((\text{Cells}(2, 8)) / wa)$$

$$\text{tensao_4} = ((1.1 * \text{Cells}(2, 5)) / (\text{lado_a2} * \text{lado_b2})) + ((\text{Cells}(2, 7)) / wb) - ((\text{Cells}(2, 8)) / wa)$$

$$\text{tensao_maximaa} = (\text{tensao_1} + \text{tensao_4}) / 2$$

$$\text{tensao_minimaa} = (\text{tensao_2} + \text{tensao_3}) / 2$$

$$\text{tensao_maximab} = (\text{tensao_1} + \text{tensao_3}) / 2$$

$$\text{tensao_minimab} = (\text{tensao_2} + \text{tensao_4}) / 2$$

'Determinação do momento em torno do eixo a

$$\text{pamaxa} = \text{tensao_maximaa} * \text{lado_a2}$$

$$\text{pamina} = \text{tensao_minimaa} * \text{lado_a2}$$

$$\text{pasa} = (((\text{pamaxa} - \text{pamina}) * \text{balanco}) / \text{lado_a2}) + \text{pamina}$$

$$\text{msda} = ((\text{pasa} * \text{balanco}^2) / 2) + (((\text{pamaxa} - \text{pasa}) * \text{balanco}^2) / 2) * 2 / 3$$

'Determinação do momento em torno do eixo b

$$\text{tensao_maximab} = (\text{tensao_1} + \text{tensao_2}) / 2$$

$$\text{tensao_minimab} = \text{tensao_maximab}$$

$$\text{pamaxb} = \text{tensao_maximab} * \text{lado_b2}$$

$$\text{paminb} = \text{tensao_minimab} * \text{lado_b2}$$

$$\text{msdb} = \text{pamaxb} * \text{balanco}^2$$

'calculo da area de aço lado a

'Verificar

$$d = 100 * h - 5$$

$$f_yd = 43.5$$

$$As1a = \text{msda} * 100 / (0.8 * d * f_yd)$$

$$As2a = \text{lado_b2} * 100 * h * 100 * 0.0015$$

If $As1a > As2a$ Then

$$Asa = As1a$$

ElseIf $As2a \geq As1a$ Then

$$Asa = As2a$$

End If

'calculo da area de aço lado b

$$As1b = msdb * 100 / (0.8 * d * fyd)$$

$$As2b = lado_a2 * 100 * h * 100 * 0.0015$$

If As1b > As2b Then

$$Asb = As1b$$

ElseIf As2b > As1b Then

$$Asb = As2b$$

End If

'calculo do espaçamento

'MUDAR

$$c = 5$$

$$dag = 2$$

'lado a

$$n_barraa = Asa / (WorksheetFunction.Pi * ((Cells(2, 9) ^ 2) / 4) / 100)$$

$$n_barraa1 = WorksheetFunction.RoundUp(n_barraa, 0)$$

$$Sa1 = ((lado_a2) * 100 - (2 * c)) / (n_barraa1 - 1)$$

$$Sa2 = WorksheetFunction.RoundUp(Sa1, 2)$$

$$espacamentomax = 20$$

$$Sa3 = 1.2 * dag$$

If Sa2 >= Sa3 Then

$$Sespa = Sa2$$

ElseIf Sa2 < Sa3 Then

$$Sespa = Sa3$$

End If

If Sespa >= 2 Then

espacamentoa1 = Sespa

ElseIf Sespa < 2 Then

espacamentoa1 = 2

End If

If espacamentoa1 > espacamentomax Then

espacamentoa = espacamentomax

Else

espacamentoa = espacamentoa1

End If

'-----

'vai_a:

'lado b

n_barrab = Asb / ((WorksheetFunction.Pi * (Cells(2, 9) ^ 2) / 4) / 100)

n_barrab1 = WorksheetFunction.RoundUp(n_barrab, 0)

Sb1 = ((lado_b2) * 100 - (2 * c)) / (n_barrab1 - 1)

Sb2 = WorksheetFunction.RoundUp(Sb1, 2)

If Sb2 >= Sa3 Then

Sespb = Sb2

ElseIf Sb2 < Sa3 Then

Sespb = Sa3

End If

If Sesp_b >= 2 Then

espacamentob₁ = Sesp_b

ElseIf Sesp_b < 2 Then

espacamentob₁ = 2

End If

If espacamentob₁ > espacamentomax Then

espacamentob = espacamentomax

Else

espacamentob = espacamentob₁

End If

'-----

'VERIFICAÇÃO DA RUPTURA POR COMPRESSÃO DIAGONAL

fck = Cells(2, 11) / 250

alfa_v = 1 - fck

fcd = (Cells(2, 11) / 10) / 1.4

tensão_resistente_cisalhamento = 0.27 * alfa_v * fcd

perimetro = si_a * 2 + si_b * 2

f_{sd} = 1.1 * si_fy

tensão_solicitante_cisalhamento = f_{sd} / (perimetro * d)

If tensão_resistente_cisalhamento >= tensão_solicitante_cisalhamento Then

GoTo ir

Else

MsgBox ("Trocar Fck do cimento")

End If

'VERIFICAÇÃO ESFORÇO CORTANTE LADO A

ir:

```
ds2a = (((h) - h0) * (balanco - (h) / 2)) / balanco + h0
l2a = ((lado_a2 - (si_a / 100)) / 2) - (d / 100) / 2
pas2a = (((lado_a2 - balanco) + (d / 100) / 2) * (pamaxa - pamina)) / lado_a2 + pamina
vsda = ((pas2a + pamaxa) / 2) * l2a
```

```
trda = (0.0375 * (Cells(2, 11) ^ (2 / 3))) / 10
ka = (1.6 - ds2a)
p1a = lado_b2 * 100 * ds2a * 100
p2a = Asa / p1a
vrda = trda * ka * (1.2 + 40 * p2a) * lado_b2 * ds2a * 100 * 100
```

If vrda >= vsda Then

GoTo ir1

Else

MsgBox ("Trocar Fck do cimento")

End If

ir1:

'VERIFICAÇÃO ESFORÇO CORTANTE LADO B

```
ds2b = (((h) - h0) * (balanco - (h) / 2)) / balanco + h0
l2b = ((lado_b2 - (si_b / 100)) / 2) - (d / 100) / 2
pas2b = (((lado_b2 - balanco) + (d / 100) / 2) * (pamaxb - paminb)) / lado_b2 + paminb
vsdb = ((pas2b + pamaxb) / 2) * l2b
```

```
trdb = (0.0375 * (Cells(2, 11) ^ (2 / 3))) / 10
kb = (1.6 - ds2b)
p1b = lado_a2 * 100 * ds2b * 100
p2b = Asb / p1b
vrdb = trdb * kb * (1.2 + 40 * p2b) * lado_a2 * ds2b * 100 * 100
```

If vrdb >= vsdb Then

GoTo ir2

Else

MsgBox ("Trocar Fck do cimento")

End If

ir2:

'VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES DE ADERÊNCIA

```
V_ad = ((pamaxb + pasa) / 2) * balanco
tbd = (V_ad) / (0.9 * d * (n_barraa1 * WorksheetFunction.Pi * Cells(2, 9) / 10)) * 10
```

```
fctd = 0.15 * (Cells(2, 11) ^ (2 / 3))
fbd = 2.25 * fctd
```

```
If fbd >= tbd Then
```

```
    GoTo ir3
```

```
Else
```

```
    MsgBox ("Trocar Fck do cimento")
```

```
End If
```

```
ir3:
```

```
'-----
```

```
    Sheets(3).Select
```

```
Cells(1, 2 * i - 1) = "Sondagem " & i
Cells(2, 2 * i - 1) = "A (m)"
Cells(3, 2 * i - 1) = "B (m)"
Cells(4, 2 * i - 1) = "h (m)"
Cells(5, 2 * i - 1) = "h0 (m)"
Cells(6, 2 * i - 1) = "a (m)"
Cells(7, 2 * i - 1) = "b (m)"
```

```
Cells(2, 2 * i) = lado_a2
Cells(3, 2 * i) = lado_b2
Cells(4, 2 * i) = h
Cells(5, 2 * i) = h0
Cells(6, 2 * i) = si_a
Cells(7, 2 * i) = si_b
```

```
"Calcular coordenadas das sapatas
```

```
ps1x = 0
ps1y = 0
ps2x = lado_b2
ps2y = 0
ps3x = lado_b2
ps3y = lado_a2
ps4x = 0
ps4y = lado_a2
```

```
"Calcular coordenadas das pilares
```

```
ppk1x = (lado_b2 - si_b / 100) / 2
```

```

ppk1y = (lado_a2 - si_a / 100) / 2
ppk2x = (lado_b2 + si_b / 100) / 2
ppk2y = (lado_a2 - si_a / 100) / 2
ppk3x = (lado_b2 + si_b / 100) / 2
ppk3y = (lado_a2 + si_a / 100) / 2
ppk4x = (lado_b2 - si_b / 100) / 2
ppk4y = (lado_a2 + si_a / 100) / 2

```

"Calcular coordenadas diagonais

"diagonal 1

```

pdp1x = ps1x
pdp1y = ps1y
pdp2x = ppk1x
pdp2y = ppk1y

```

"diagonal 2

```

pds1x = ps2x
pds1y = ps2y
pds2x = ppk2x
pds2y = ppk2y

```

"diagonal 3

```

pdt1x = ps3x
pdt1y = ps3y
pdt2x = ppk3x
pdt2y = ppk3y

```

"diagonal 4

```

pdq1x = ps4x
pdq1y = ps4y
pdq2x = ppk4x
pdq2y = ppk4y

```

"-----

"escrever coordenadas sapatas

```

Cells(10, 2 * i - 1) = "Xsapata"
Cells(10, 2 * i) = "Ysapata"
Cells(11, 2 * i - 1) = ps1x
Cells(11, 2 * i) = ps1y
Cells(12, 2 * i - 1) = ps2x
Cells(12, 2 * i) = ps2y
Cells(13, 2 * i - 1) = ps3x
Cells(13, 2 * i) = ps3y
Cells(14, 2 * i - 1) = ps4x
Cells(14, 2 * i) = ps4y
Cells(15, 2 * i - 1) = ps1x
Cells(15, 2 * i) = ps1y

```

"escrever coordenadas pilares

```

Cells(16, 2 * i - 1) = "Xpilar"
Cells(16, 2 * i) = "Ypilar"
Cells(17, 2 * i - 1) = ppk1x
Cells(17, 2 * i) = ppk1y
Cells(18, 2 * i - 1) = ppk2x
Cells(18, 2 * i) = ppk2y
Cells(19, 2 * i - 1) = ppk3x
Cells(19, 2 * i) = ppk3y
Cells(20, 2 * i - 1) = ppk4x
Cells(20, 2 * i) = ppk4y
Cells(21, 2 * i - 1) = ppk1x
Cells(21, 2 * i) = ppk1y

```

```

"diagonal1
Cells(22, 2 * i - 1) = "Xdiagonais"
Cells(22, 2 * i) = "Ydiagonais"
Cells(23, 2 * i - 1) = pdp1x
Cells(23, 2 * i) = pdp1y
Cells(24, 2 * i - 1) = pdp2x
Cells(24, 2 * i) = pdp2y

```

```

"diagonal2
Cells(25, 2 * i - 1) = pds1x
Cells(25, 2 * i) = pds1y
Cells(26, 2 * i - 1) = pds2x
Cells(26, 2 * i) = pds2y

```

```

"diagonal3
Cells(27, 2 * i - 1) = pdt1x
Cells(27, 2 * i) = pdt1y
Cells(28, 2 * i - 1) = pdt2x
Cells(28, 2 * i) = pdt2y

```

```

"diagonal4
Cells(29, 2 * i - 1) = pdq1x
Cells(29, 2 * i) = pdq1y
Cells(30, 2 * i - 1) = pdq2x
Cells(30, 2 * i) = pdq2y

```

```

"-----

```

'CORTE SAPATA LADO A

'calculo

pc1x = 0

pc1y = 0

pc2x = lado_a2

pc2y = 0

pc3x = lado_a2

pc3y = h0

pc4x = (lado_a2 + si_a / 100) / 2

pc4y = h

pc5x = (lado_a2 + si_a / 100) / 2

```

pc5y = h + 0.5
pc6x = (lado_a2 - si_a / 100) / 2
pc6y = h + 0.5
pc7x = (lado_a2 - si_a / 100) / 2
pc7y = h
pc8x = 0
pc8y = h0

```

```
'escrever
```

```
Cells(56, 2 * i - 1) = "Xcorte sapata A"
```

```
Cells(56, 2 * i) = "Ycorte sapata A"
```

```
Cells(57, 2 * i - 1) = pc1x
```

```
Cells(57, 2 * i) = pc1y
```

```
Cells(58, 2 * i - 1) = pc2x
```

```
Cells(58, 2 * i) = pc2y
```

```
Cells(59, 2 * i - 1) = pc3x
```

```
Cells(59, 2 * i) = pc3y
```

```
Cells(60, 2 * i - 1) = pc4x
```

```
Cells(60, 2 * i) = pc4y
```

```
Cells(61, 2 * i - 1) = pc5x
```

```
Cells(61, 2 * i) = pc5y
```

```
Cells(62, 2 * i - 1) = pc6x
```

```
Cells(62, 2 * i) = pc6y
```

```
Cells(63, 2 * i - 1) = pc7x
```

```
Cells(63, 2 * i) = pc7y
```

```
Cells(64, 2 * i - 1) = pc8x
```

```
Cells(64, 2 * i) = pc8y
```

```
Cells(65, 2 * i - 1) = pc1x
```

```
Cells(65, 2 * i) = pc1y
```

```
'-----
```

```
'CORTE SAPATA LADO B
```

```
'calculo
```

```
pc1x = 0
```

```
pc1y = 0
```

```
pc2x = lado_b2
```

```
pc2y = 0
```

```
pc3x = lado_b2
```

```
pc3y = h0
```

```
pc4x = (lado_b2 + si_b / 100) / 2
```

```
pc4y = h
```

```
pc5x = (lado_b2 + si_b / 100) / 2
```

```
pc5y = h + 0.5
```

```
pc6x = (lado_b2 - si_b / 100) / 2
```

```
pc6y = h + 0.5
```

```
pc7x = (lado_b2 - si_b / 100) / 2
```

```
pc7y = h
```

```
pc8x = 0
```

```
pc8y = h0
```

```
'escrever
```

```

Cells(68, 2 * i - 1) = "Xcorte sapata B"
Cells(68, 2 * i) = "Ycorte sapata B"
Cells(69, 2 * i - 1) = pc1x
Cells(69, 2 * i) = pc1y
Cells(70, 2 * i - 1) = pc2x
Cells(70, 2 * i) = pc2y
Cells(71, 2 * i - 1) = pc3x
Cells(71, 2 * i) = pc3y
Cells(72, 2 * i - 1) = pc4x
Cells(72, 2 * i) = pc4y
Cells(73, 2 * i - 1) = pc5x
Cells(73, 2 * i) = pc5y
Cells(74, 2 * i - 1) = pc6x
Cells(74, 2 * i) = pc6y
Cells(75, 2 * i - 1) = pc7x
Cells(75, 2 * i) = pc7y
Cells(76, 2 * i - 1) = pc8x
Cells(76, 2 * i) = pc8y
Cells(77, 2 * i - 1) = pc1x
Cells(77, 2 * i) = pc1y

```

'escrever espaçamento

```

Cells(79, 2 * i - 1) = "Área de Aço Lado A (cm²)"
Cells(79, 2 * i) = "Área de Aço Lado B (cm²)"
Cells(79, 2 * i + 1) = "Espaçamento Lado A (cm)"
Cells(79, 2 * i + 2) = "Espaçamento Lado B (cm)"
Cells(79, 2 * i + 3) = "Número de Barras Lado A (und.)"
Cells(79, 2 * i + 4) = "Número de Barras Lado B (und.)"
Cells(80, 2 * i - 1) = Asa
Cells(80, 2 * i) = Asb
Cells(80, 2 * i + 1) = espacamentoa
Cells(80, 2 * i + 2) = espacamentob
Cells(80, 2 * i + 3) = n_barraa1
Cells(80, 2 * i + 4) = n_barrab1

```

'escrever cotas das barras lado A

Range("a81:f420").ClearContents

If espacamentoa < 20 And espacamentoa > 2 Then

```

    espacamentoa_totala = espacamentoa * n_barraa1
    espaco_entre_barrasa = 5
    Cells(81, 1).Select

    Cells(81 + n_barraa1 + 1, 1) = 0
    Cells(81 + n_barraa1 + 1, 2) = 0

```

```
While ActiveCell.Offset(1, 0) = ""
    calculo_espacamentoa = calculo_espacamentoa + 1
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
```

```
Wend
```

```
For u = 1 To calculo_espacamentoa
```

```
Cells(81 + u, 2) = 5 / 100
Cells(81 + u, 1) = (espaco_entre_barrasa) / 100
Cells(81, 1) = "X Barras lado A" & i
Cells(81, 2) = "Y Barras lado A" & i
espaco_entre_barrasa = espacamentoa + espaco_entre_barrasa
```

```
Next u
```

```
Else
```

```
espacamentoa_totala = espacamentoa * n_barraa1
espaco_entre_barrasa = (lado_a2 / 2) * 100 - (espacamentoa_totala / 2)
Cells(81, 1).Select
```

```
Cells(81 + n_barraa1 + 1, 1) = 0
Cells(81 + n_barrab1 + 1, 2) = 0
```

```
While ActiveCell.Offset(1, 0) = ""
    calculo_espacamentoa = calculo_espacamentoa + 1
    ActiveCell.Offset(1, 0).Select
```

```
Wend
```

```
For u = 1 To calculo_espacamentoa
```

```
Cells(81 + u, 2) = 5 / 100
Cells(81 + u, 1) = (espaco_entre_barrasa) / 100
Cells(81, 1) = "X Barras lado A" & i
Cells(81, 2) = "Y Barras lado A" & i
espaco_entre_barrasa = espacamentoa + espaco_entre_barrasa
```

```
Next u
```

```
End If
```

```
'-----
```

'escrever cotas das barras lado B

If espacamentob < 20 And espacamentob > 2 Then

 espacamentob_totalb = espacamentob * n_barrab1

 espaco_entre_barrasb = 5

 Cells(81, 3).Select

 Cells(81 + n_barrab1 + 1, 3) = 0

 Cells(81 + n_barrab1 + 1, 4) = 0

 While ActiveCell.Offset(1, 0) = ""

 calculo_espacamentob = calculo_espacamentob + 1

 ActiveCell.Offset(1, 0).Select

 Wend

 For b = 1 To calculo_espacamentob

 Cells(81 + b, 4) = 5 / 100

 Cells(81 + b, 3) = (espaco_entre_barrasb) / 100

 Cells(81, 3) = "X Barras lado B" & i

 Cells(81, 4) = "Y Barras lado B" & i

 espaco_entre_barrasb = espacamentob + espaco_entre_barrasb

 Next b

Else

 espacamentob_totalb = espacamentob * n_barrab1

 espaco_entre_barrasb = (lado_b2 / 2) * 100 - (espacamentob_totalb / 2)

 Cells(81, 3).Select

 Cells(81 + n_barrab1 + 1, 3) = 0

 Cells(81 + n_barrab1 + 1, 4) = 0

 While ActiveCell.Offset(1, 0) = ""

 calculo_espacamentob = calculo_espacamentob + 1

 ActiveCell.Offset(1, 0).Select

 Wend

 For b = 1 To calculo_espacamentob

 Cells(81 + b, 4) = 5 / 100

 Cells(81 + b, 3) = (espaco_entre_barrasb) / 100

 Cells(81, 3) = "X Barras lado B" & i

 Cells(81, 4) = "Y Barras lado B" & i

espaco_entre_barrasb = espacamentob + espaco_entre_barrasb

Next b

End If

,

'ESCREVER ANCORAGEM

If tipo_ancoragem = "Sem Gancho" Then

Cells(80, 8) = h + 0.5

Cells(81, 8) = 0.05

Cells(84, 8) = ((lado_a2 / 2) * 100 - (si_a / 2) + 5) / 100

Cells(85, 8) = ((lado_a2 / 2) * 100 - (si_a / 2) + 5) / 100

Cells(80, 9) = h + 0.5

Cells(81, 9) = 0.05

Cells(84, 9) = ((lado_a2 / 2) * 100 + (si_a / 2) - 5) / 100

Cells(85, 9) = ((lado_a2 / 2) * 100 + (si_a / 2) - 5) / 100

Else

Cells(79, 8) = 0.05

Cells(80, 8) = 0.05

Cells(81, 8) = h + 0.5

Cells(83, 8) = (((lado_a2 / 2) * 100 - (si_a / 2) + 5) / 100) - 0.2

Cells(84, 8) = (((lado_a2 / 2) * 100 - (si_a / 2) + 5) / 100)

Cells(85, 8) = ((lado_a2 / 2) * 100 - (si_a / 2) + 5) / 100

Cells(79, 9) = 0.05

Cells(80, 9) = 0.05

Cells(81, 9) = h + 0.5

Cells(83, 9) = (((lado_a2 / 2) * 100 + (si_a / 2) - 5) / 100) + 0.2

Cells(84, 9) = (((lado_a2 / 2) * 100 + (si_a / 2) - 5) / 100)

Cells(85, 9) = ((lado_a2 / 2) * 100 + (si_a / 2) - 5) / 100

End If

Next i

Else

GoTo para

End If

Cells(80, 7) = h

para:

End Sub

Apêndice F- Códigos para o botão avançar da aba sondagem

```
Private Sub avançar2_Click()
```

```
    Select Case MultiPage1.Value
```

```
    Case 0
```

```
        With MultiPage1
```

```
            .Value = MultiPage1.Value + 1
```

```
            .Pages(1).Enabled = True
```

```
            .Pages(0).Enabled = False
```

```
        End With
```

```
        avançar2.Enabled = True
```

```
    Case 1
```

```
        With MultiPage1
```

```
            .Value = MultiPage1.Value + 1
```

```
            .Pages(2).Enabled = True
```

```
            .Pages(1).Enabled = False
```

```
        End With
```

```
    End Select
```

```
End Sub
```

Apêndice G- Códigos para caixas de listagem do software

```
Private Sub MultiPage1_Enter()
```

```
    With Sheets("Sondagem").UsedRange
        ListBox1.ColumnCount = .Columns.Count
        ListBox1.RowSource = .Address
    End With
```

```
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Initialize()
```

```
MultiPage1.Pages(2).Enabled = False
```

```
MultiPage1.Pages(1).Enabled = False
```

```
    Sheets("Sondagem").Select
    Cells.ClearContents
```

```
'bitola sapata
```

```
    With bitola
```

```
        .AddItem "5,0 mm"
        .AddItem "6,3 mm"
        .AddItem "10,0 mm"
        .AddItem "12,5 mm"
        .AddItem "16,0 mm"
        .AddItem "20,0 mm"
        .AddItem "22,0 mm"
        .AddItem "25,0 mm"
        .AddItem "32,0 mm"
```

```
    End With
```

```
'bitola pilar
```

```
    With bitola_pilar
```

```
        .AddItem "5,0 mm"
        .AddItem "6,3 mm"
        .AddItem "10,0 mm"
        .AddItem "12,5 mm"
        .AddItem "16,0 mm"
        .AddItem "20,0 mm"
        .AddItem "22,0 mm"
        .AddItem "25,0 mm"
        .AddItem "32,0 mm"
```

```
    End With
```

```
'classe concreto
```

```
    With classe_concreto
```

```
.AddItem "Classe C15"  
.AddItem "Classe C20"  
.AddItem "Classe C25"  
.AddItem "Classe C30"  
.AddItem "Classe C35"  
.AddItem "Classe C40"  
.AddItem "Classe C45"  
.AddItem "Classe C50"
```

End With

```
'tipo de ancoragem  
With tipo_ancoragem  
  .AddItem "Com Gancho"  
  .AddItem "Sem Gancho"
```

End With

```
'bitola sapata2  
With bitola_sapata2  
  .AddItem "5,0 mm"  
  .AddItem "6,3 mm"  
  .AddItem "10,0 mm"  
  .AddItem "12,5 mm"  
  .AddItem "16,0 mm"  
  .AddItem "20,0 mm"  
  .AddItem "22,0 mm"  
  .AddItem "25,0 mm"  
  .AddItem "32,0 mm"
```

End With

End Sub