

UNIVERSIDADE DO SAGRADO CORAÇÃO

VICTOR HENRIQUE CARRER

**DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES COM O
RECURSO DA FERRAMENTA EXCEL**

BAURU
2016

VICTOR HENRIQUE CARRER

**DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES COM O
RECURSO DA FERRAMENTA EXCEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Dr. Norival Agnelli.

BAURU
2016

C3146p

Carrer, Victor Henrique

Dimensionamento de fundações com o recurso do Excel / Victor Henrique Carrer. -- 2016.
96f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Norival Agnelli.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sagrado Coração – Bauru – SP.

1. Fundações. 2. Dimensionamento. 3. Excel.
4. Fórmulas. 5. Formulações. I. Agnelli, Norival. II. Título.

VICTOR HENRIQUE CARRER

**DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES COM O
RECURSO DA FERRAMENTA EXCEL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas da Universidade do Sagrado Coração, como parte dos requisitos para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. Dr. Norival Agnelli.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Norival Agnelli
Universidade do Sagrado Coração

Prof. Esp. Celso Antonio Donizeti da Silva
Universidade do Sagrado Coração

Prof. Esp. Aldo Theodoro Gaiotto Junior
Universidade do Sagrado Coração

Bauru, 09 de dezembro de 2016

Dedico este trabalho a Deus, ao meu
finado pai, e a todos aqueles que me
incentivaram.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com a colaboração de algumas pessoas, às quais gostaria de expressar os meus agradecimentos em especial:

Ao Prf. Dr. Norival Agnelli, como orientador deste trabalho pela sua disponibilidade ilimitada, e aos esclarecimentos das dúvidas que foram surgindo ao longo deste trabalho.

À Lívia Marques pela ajuda prestada em diversas situações.

Aos professores Aldo Teodoro Gaiotto Junior, e Fabiana Munhoz Ferraz, pelo trabalho disposto em conjunto no qual gerou a idéia para realização deste trabalho.

A todo o corpo docente da USC, pela ajuda e incentivo.

RESUMO

O presente trabalho trata da elaboração de um programa experimental em formato EXCEL, capaz de realizar o dimensionamento de cinco tipos de fundações, com exceção dos dimensionamentos das armaduras. A criação deste programa proporciona ao usuário uma economia de tempo e consequentemente dinheiro, além de incentivar a criação de mais programas, objetivando assim a redução da compra dos programas que existem hoje no mercado de trabalho o que ocasiona a redução de seus preços. O excelente resultado gerado por este programa se baseia na análise, interpretação e redefinição de fórmulas dispostas em diversas bibliografias, e seguem as prescrições normativas da NBR 6122/2010. O programa foi realizado de forma separada e simplificada, gerando um aumento significativo em seu volume, e, apesar de apresentar caráter institucional realiza suas funções baseando-se na inserção de dados gerados pelo usuário a partir das características do terreno e da superestrutura atuante. A escolha da ferramenta EXCEL foi de vital importância para a realização do presente trabalho, por apresentar uma grande variabilidade de ferramentas e funções para realização dos dimensionamentos.

Palavra-chave: Fundações. Dimensionamento. Excel. Fórmulas. Formulações.

ABSTRACT

The present paper is about the formulation of an experimental program of the EXCEL format, able to perform the dimensioning of five kinds of foundations, except for the dimensioning of reinforcements. The creation of this program offers its user a time and consequently money saving, besides inciting the creation of more programs, therefore intending to reduce the buying from today's existing products in the job market, which will result in the reduction of its prices. The excellent results generated by this program have as base the analysis, interpretation and redefinition of formulas present in several bibliographies and follow the normative prescriptions of NBR 6122/2010. The program was achieved in a separated and simplified way, generating a significant increase in its volume and, despite its institutional value, performs its functions based in the insertion of the data generated by the user from the characteristics of the lay and the operative superstructure. The choice of the Excel format was vitally important to the accomplishment of this paper, for presenting a large variability of tools and functions in order to perform the dimensioning.

Keywords: Foundations. Dimensioning. Excel. Formulas. Formulations.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sapata isolada.....	15
Figura 2 - Estaca.....	16
Figura 3 – Interação de partículas sólidas, ar e água.....	19
Figura 4 - Área de edição.....	22
Figura 5 - Funções mais utilizadas.....	24
Figura 6 - Exemplo de cálculo 1.....	25
Figura 7 - Exemplo de cálculo 2.....	26
Figura 8 - Setores de compra.....	27
Figura 9 - Total das compras.....	27
Figura 10 - Fluxograma.....	31
Figura 11 - Imagem em corte e em planta do tubulão.....	36
Figura 12 - Imagem em corte e em planta da estaca.....	38
Figura 13 - Imagem em corte e em planta do tuubulão de divisa.....	43
Figura 14 - Imagem em corte e em planta da sapata.....	47
Figura 15 - Ábaco.....	50
Figura 16 - Imagem em corte e em planta do bloco.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Simbologia.....	23
Tabela 2 - Enquadramento dos dados preliminares para o tubulão comum.....	53
Tabela 3 - Majoração da carga (P) em 40%.....	54
Tabela 4 - Minoração do (fck) para (fck'').....	54
Tabela 5 - Determinação do diâmetro do fuste (Df) preliminar.....	55
Tabela 6 - Transcrição da tensão admissível do solo.....	55
Tabela 7 - Cálculo do diâmetro da base final (Db).....	56
Tabela 8 - Dimensionamento da altura da base do tubulão (h).....	57
Tabela 9 - Diminuição da altura (h) com o aumento do diâmetro do fuste (Df).....	58
Tabela 10 - Dimensionamento da altura do rodapé (h0) 1.....	58
Tabela 11 - Dimensionamento do volume de concreto total (V total) 1.....	59
Tabela 12 - Enquadramento dos dados preliminares para estaca no Excel.....	60
Tabela 13 - Dimensionamento da área de ponta (Ap).....	61
Tabela 14 - Transcrição de (Np), (K), (F1), (F2) e (α).....	62
Tabela 15 - Cálculo da resistência de ponta (Rp).....	62
Tabela 16 - Cálculo do perímetro da estaca (U).....	62
Tabela 17 - Resistência por atrito lateral (RI).....	63
Tabela 18 - Cálculo da carga admissível na estaca (Padm).....	63
Tabela 19 - Operação comparativa.....	64
Tabela 20 - Cálculo do volume de concreto (V) 1.....	64
Tabela 21 - Enquadramento dos dados preliminares para o tubulão de divisa no Excel.....	65
Tabela 22 - Distâncias fixas para com a divisa.....	66
Tabela 23 - Cálculo da excentricidade (e).....	66
Tabela 24 - Cálculo da reação da base do tubulão de divisa (R1).....	67
Tabela 25 - Transcrição da (σ_{adm}).....	67
Tabela 26 - Dimensionamento da área da base (Ab).....	67
Tabela 27 - Cálculo do comprimento da base (x).....	67
Tabela 28 - Verificação de dados.....	68
Tabela 29 - Tubulões encamisados ou não.....	68
Tabela 30 - Dimensionamento do diâmetro do fuste (Df).....	69
Tabela 31 - Dimensionamento da altura da base (h).....	69

Tabela 32 - Determinação da altura do rodapé (h_0) 2.....	69
Tabela 33 - Cálculo do volume de concreto (V_{total}).....	70
Tabela 34 - Dimensionamento simplificado do tubulão de apoio.....	70
Tabela 35 - Enquadramento dos dados preliminares para sapata no Excel.....	72
Tabela 36 - Solo potencialmente colapsível ou não.....	72
Tabela 37 - Cálculo do peso próprio da sapata.....	73
Tabela 38 - Resultados minorados e majorados 1.....	73
Tabela 39 - Criação da primeira equação 1.....	74
Tabela 40 - Criação da segunda equação 1.....	74
Tabela 41 - Substituição da primeira equação na segunda equação 1.....	75
Tabela 42 - Transcrição dos valores corretos de (B) e (L) 1.....	76
Tabela 43 - Dimensionamento da altura total (h).....	77
Tabela 44 - Cálculo de (h_0).....	77
Tabela 45 - Dimensionamento do volume de concreto total (V_{total}) 2.....	78
Tabela 46 - Enquadramento dos dados preliminares do bloco.....	79
Tabela 47 - Cálculo do peso próprio do bloco.....	79
Tabela 48 - Resultados minorados e majorados 2.....	80
Tabela 49 - Criação da primeira equação 2.....	80
Tabela 50 - Criação da segunda equação 2.....	80
Tabela 51 - Substituição da primeira equação na segunda equação 2.....	81
Tabela 52 - Transcrição dos valores corretos de (B) e (L) 2.....	82
Tabela 53 - Determinação do ângulo (α).....	83
Tabela 54 - Dimensionamento da altura (h).....	83
Tabela 55 - Cálculo do volume de concreto (V) 2.....	84
Tabela 56 - Inserção de dados para o bloco rígido.....	85
Tabela 57 - Inserção de dados para sapata isolada.....	86
Tabela 58 - Inserção de dados para estaca.....	87
Tabela 59 - Inserção de dados para tubulão comum.....	89
Tabela 60 - Inserção de dados para o tubulão de divisa.....	89
Tabela 61 - Transcrição de resultado para o bloco rígido.....	91
Tabela 62 - Transcrição de resultado para sapata isolada.....	91
Tabela 63 - Transcrição de resultados para estaca.....	92
Tabela 64 - Transcrição de resultado para tubulão comum.....	92
Tabela 65 - Transcrição de resultado para tubulão de divisa.....	93

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
1.2	PROBLEMA.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	INTRODUÇÃO A ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES.....	14
2.2	DEFINIÇÃO E TIPOS DE FUNDAÇÃO.....	14
2.3	CARACTERÍSTICAS DAS FUNDAÇÕES.....	16
2.3.1	Fundações rasas	17
2.3.1.1	<i>Sapata isolada</i>	17
2.3.1.2	<i>Bloco de fundação</i>	17
2.3.2	Fundações profundas	17
2.3.2.1	<i>Tubulão</i>	18
2.3.2.2	<i>Estaca</i>	18
2.4	CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES DOS SOLOS.....	18
2.4.1	Investigação do solo	20
2.5	CARACTERÍSTICAS DO EXCEL.....	21
2.5.1	Simbologia e funções	23
2.5.2	Fórmulas e formulações	25
3	METODOLOGIA	29
4	DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES	30
4.1	LOGÍSTICA DE DESENVOLVIMENTO.....	30
4.2	DESCRIÇÃO DO MEMORIAL DE CÁLCULO.....	32
4.2.1	Dimensionamento do tubulão comum	32
4.2.2	Dimensionamento de estacas	36
4.2.3	Dimensionamento do tubulão de divisa	39
4.2.4	Dimensionamento da sapata isolada	43
4.2.5	Dimensionamento do bloco de fundação	47
4.2.6	Dimensionamento da inserção e transformação de dados	51
5	APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	52
5.1	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO TUBULÃO COMUM	53

5.2	RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS	60
5.3	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO TUBULÃO DE DIVISA.....	65
5.4	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DA SAPATA ISOLADA.....	71
5.5	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO BLOCO DE FUNDAÇÃO.....	78
5.6	RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DA INSERÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE DADOS.....	84
5.7	TRANSCRIÇÃO DE RESULTADOS.....	90
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	94
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico gritante, cada vez mais se tem utilizado a tecnologia em prol da praticidade, facilidade e conforto visando sempre à economia de tempo e dinheiro. Com isso os programas computacionais vêm ganhando um grande espaço no mercado de trabalho como ferramenta auxiliar para elaboração de projetos de todos os tipos, facilitando o trabalho de uma grande quantidade de profissionais e ganhando com isto tempo e conseqüentemente dinheiro. Cada vez mais têm sido elaborados programas de alta qualidade a fim de suprir a carência do mercado através de sua venda para pequenas e grandes empresas, com isso surge no mercado de programas a necessidade de programas dinâmicos, práticos e de fácil manuseio.

A fim de facilitar o trabalho de Engenheiros Civis e auxiliar o aprendizado dos alunos de Engenharia, além de colocar em prática os estudos realizados em sala de aula, surge a ideia da criação de um programa em formato simplificado (EXCEL), que seja capaz de gerar resultados rápidos para a escolha e dimensionamento da fundação de uma estrutura, baseado na inserção de dados necessários para este tipo de cálculo e as fundações que serão incluídas no programa.

Tem-se como definição de fundação um elemento estrutural considerado infraestrutura por se localizar abaixo do nível do terreno, com a finalidade de transferir ao terreno o somatório de toda a carga proveniente da edificação pela base (resistência de ponta), pela sua superfície lateral (resistência do fuste), ou pela combinação das duas. Existem inúmeros tipos de fundações e cada qual com suas vantagens e desvantagens, cabendo ao Engenheiro determinar qual tipo de fundação melhor se adapta a sua necessidade (informação verbal)¹.

Para a criação de tal programa estrutural deve-se seguir a NBR vigente 6122/2010 da ABNT que rege o projeto e a execução de fundações para estruturas de Engenharia Civil, considerando assim suas devidas sobrecargas e fórmulas adequadas.

Como o dimensionamento de fundações tem como sua principal característica fórmulas já devidamente equacionadas, e o Excel contém como sua característica básica a aplicação de fórmulas, gráficos calculados com sua devida programação, a

¹ Aula proferida pelo Prof. Dr. Norival Agnelli da matéria de Fundações do curso de Engenharia Civil da Universidade do Sagrado Coração, em Bauru, em agosto de 2014.

conexão entre eles se torna absolutamente viável, tornando o programa simples e didático, já que o Excel é uma ferramenta de fácil manuseio e acesso.

Este programa que está sendo proposto abrangerá os seguintes tipos de fundações: Estacas, tubulão, tubulão de divisa, bloco e sapata isolada.

1.1 OBJETIVOS

Na seqüência serão detalhados os objetivos geral e específicos.

1.1.1 Objetivo geral

Criação de um programa em EXCEL com a finalidade de dimensionar fundações a partir da inserção de dados e gerar a melhor fundação para obras de Engenharia Civil, das quais se remetem apenas à carregamentos pontuais que cheguem às fundações. O referido programa não leva em conta atrasos, acidentes e perdas de materiais por serem variáveis imprevisíveis, e não inclui o dimensionamento da armação das fundações. O programa leva em conta rigorosamente as prescrições constantes na NBR 6122/2010.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) O programa deverá dimensionar as fundações rasas tipo bloco e sapata isolada. E para as fundações profundas, tipo estacas, tubulão e tubulão de divisa.
- b) O programa deverá incluir também o cálculo do volume para as fundações, possibilitando assim a produção do resultado final.
- c) O programa deverá conter um manual simplificado de uso.
- d) O programa deverá gerar o dimensionamento para todos os tipos de fundação citados como resultado final a partir da inserção dos dados e possibilitar a verificação dos resultados parciais das fundações.

1.2 PROBLEMA

As ferramentas básicas para desenvolvimento deste trabalho são o Excel e as equações de fundações, além da ligação sistemática entre as fórmulas e o conhecimento de suas aplicações. Este trabalho apresenta um programa organizado, especificando cada resultado separadamente e demonstrando o resultado final em forma resumida sem que impeça a averiguação de resultados parciais, tornando assim o programa mais volumoso e dinâmico e conseqüentemente mais difícil de produzir.

As ligações entre as fórmulas e suas devidas abas subsequentes no Excel, devidamente separadas por cada tipo de fundação ligadas as suas respectivas fórmulas, geram o questionamento em relação a capacidade de assimilar dados e ligá-los, pois o Excel pode ou não realizar suas funções sem apresentar erros ou dificuldades de ligações diretas ou indiretas das fórmulas, ou seja, o Excel contém seu sistema operacional de trabalho próprio, o que pode dificultar o desenvolvimento de um programa ou facilitá-lo.

O tempo para execução deste programa é incalculável o que se torna também um problema acentuado para o desenvolvimento deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica que está disposta a seguir fundamenta e revisa questões consideradas importantes para o desenvolvimento e compreensão desse trabalho.

2.1 INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES

Segundo Velloso e Lopes (2011) a engenharia de fundações requer uma série de conhecimentos voltados para a área de geotecnia e cálculo estrutural, como por exemplo, quando o engenheiro de fundações recebe do engenheiro estrutural (engenheiro este que calcula a estrutura) o resultado de um conjunto de cargas provenientes da superestrutura, que com o auxílio de vários elementos e informações projeta a fundação da obra, onde o engenheiro estrutural deve realizar o cálculo para apoios indeslocáveis para a suposta fundação conseqüentemente não levando em conta os recalques que a fundação futuramente terá, ou quando a fundação se apoiará em uma rocha ou no próprio solo, onde requer conhecimento de mecânica das rochas e mecânica dos solos e suas devidas derivações. O projetista de fundações também deve ter conhecimento estrutural para dimensionar a fundação. Frisa-se ainda que a especialização em fundações é a que requer maior vivência e experiência dentro da engenharia civil, além da importância do acompanhamento da obra e da importância do reconhecimento do solo.

Destacam-se ainda duas questões importantes na engenharia de fundações, das quais se diferem dos outros ramos da engenharia civil: A questão de que na geotecnia existe um grau de incerteza maior do que em um cálculo estrutural (exemplo: exigência de um recalque zero, impossível de se alcançar), e o fato de se evitar generalizações, pois na fundação (infraestrutura) cada caso contem suas peculiaridades.

2.2 DEFINIÇÃO E TIPOS DE FUNDAÇÃO

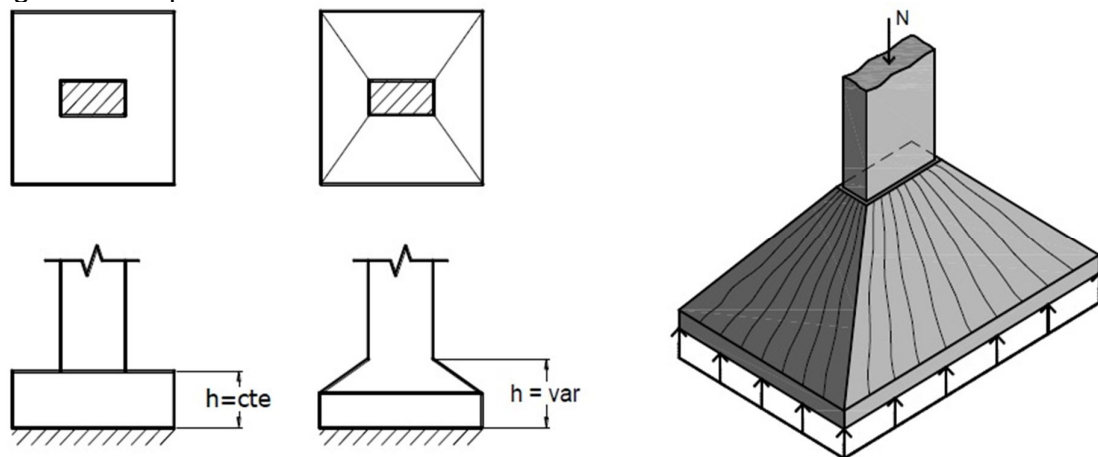
Uma questão que exemplifica a última afirmação do tópico anterior é a quantidade de fundações existentes, mas antes de quantificá-las é necessário melhor compreender sua definição propriamente dita, e os tipos de fundações.

A fundação é um termo utilizado na engenharia para designar as estruturas responsáveis por transmitir as solicitações das construções ao solo. Em geral, são utilizadas várias fundações seguidas para esse fim. Existem diversos tipos de fundação e são projetadas levando em consideração a carga que recebem e o tipo de solo onde vão ser construídas (Fundações..., c2015).

De acordo com a NBR 6122 as fundações, se dividem preliminarmente, em dois tipos: as fundações superficiais e as fundações profundas.

As fundações superficiais (rasas ou diretas) são aquelas em que o carregamento proveniente da edificação é transmitido ao terreno pela área de contato na parte inferior da fundação (pela base), onde a profundidade de assentamento em relação ao terreno é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Ainda para este tipo de fundação temos a sapata isolada (Figura 1), o bloco, o radier, as sapatas associadas e a sapata corrida.

Figura 1 – Sapata Isolada

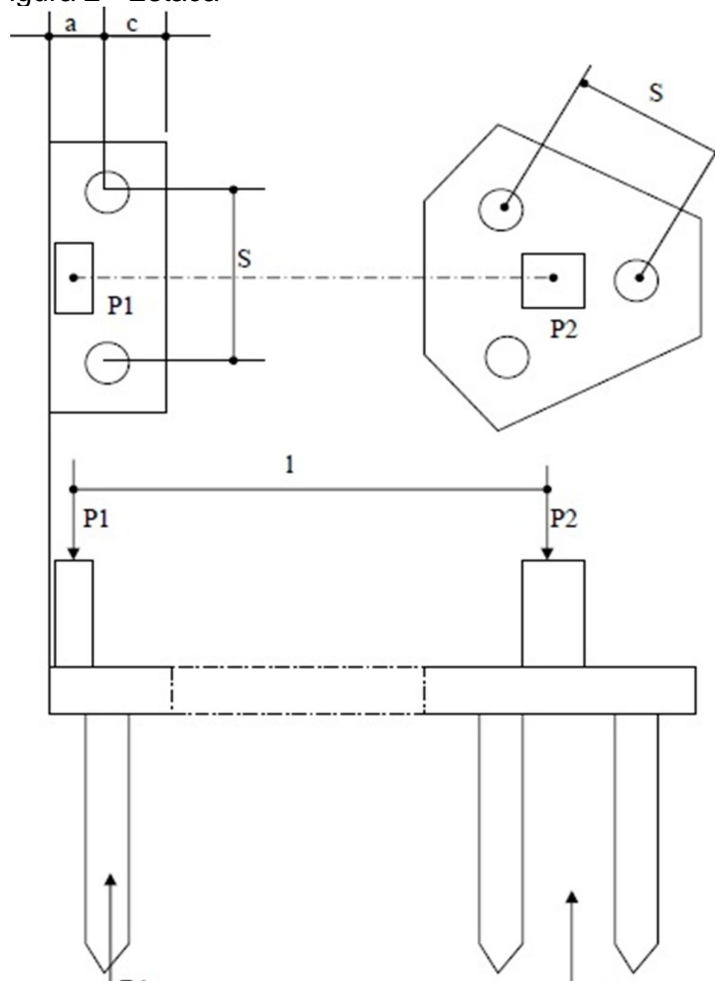


Fonte: Bastos (2016, p.4).

As fundações profundas são aquelas em que o carregamento que vem da edificação é transmitido ao terreno pela base (resistência de ponta), ou pela superfície lateral (resistência do fuste), ou por ambas, onde sua ponta ou base deve ter uma profundidade que seja superior ao dobro de sua menor dimensão em planta, ou no mínimo 3,0 m. Para fundações profundas temos a estaca (Figura 2), o tubulão,

a estaca pré-moldada ou pré-fabricada de concreto, a estaca de concreto moldada in loco (na obra), a estaca de reação (mega ou prensada), a estaca raiz, a estaca escavada com injeção ou microestaca, a estaca escavada mecanicamente, a estaca Strauss, a estaca escavada com fluido estabilizante, a estaca Franki, a estaca mista, a estaca metálica ou de aço, a estaca hélice contínua monitorada, a estaca hélice de deslocamento monitorada e a estaca trado vazado segmentado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Figura 2 - Estaca



Fonte: Constancio, D e Constancio, L. A (2004, p.30).

2.3 CARACTERÍSTICAS DAS FUNDAÇÕES

A seguir serão apresentadas as características dos tipos de fundações rasas e profundas separadamente, e que serão contempladas pelo programa a ser criado mediante este trabalho.

2.3.1 Fundações rasas

As fundações rasas já citadas anteriormente serão caracterizadas abaixo de acordo com Teixeira e Godoy (1998).

2.3.1.1 Sapata isolada

A sapata isolada (Figura 1) é uma fundação em concreto armado apoiada que tem como principal característica a resistência à flexão e pode ter praticamente qualquer forma em planta.

Para se dimensionar uma sapata é necessário se ter as dimensões do pilar ligado a ela, a carga atuante, além da tensão admissível do terreno na qual ela se apoiará. Para um dimensionamento mais econômico a sapata deve ter momentos aproximadamente iguais nas duas abas em relação à mesa da sapata, ou seja, deve-se seguir preferencialmente um ângulo de aumento único para todos os lados da base em relação a mesa da sapata.

2.3.1.3 Bloco de fundação

O bloco é uma fundação de apoio feito por concreto simples e caracterizado por ter uma altura relativamente grande, pois trabalha principalmente à compressão.

Os blocos mais utilizados são: em formato de tronco de cone, bloco escalonado, e pedestal, de maneira que a altura do bloco supere a necessidade de armadura no piso da base.

Os blocos de fundações podem ser feitos com concreto simples, pedra de mão e até mesmo com tijolos maciços.

Onde para este trabalho o bloco de fundação utilizado se restringe apenas, ao bloco de concreto simples não escalonado, com um formato paralelepipedal.

2.3.2 Fundações profundas

As fundações profundas anteriormente citadas serão caracterizadas a seguir de acordo com Albiero, Cintra e Décourt (1998).

2.3.2.1 *Tubulão*

O tubulão é um tipo de fundação profunda de grande porte de seção circular e geralmente contem sua base alargada, pois resiste primordialmente pela sua base (resistência de ponta). Atualmente no Brasil o tubulão é tratado como uma espécie de estaca escavada moldada “in loco” com a base alargada.

De uma forma generalizada o tubulão pode ser dividido em 2 tipos: primeiramente tem-se o tubulão a céu aberto, que tem seu fuste escavado manualmente ou mecanicamente, sendo em geral sua base escavada manualmente e, por não utilizar o escoramento lateral, o fuste e em especial a base só podem ser executados em um solo que apresente coesão suficientemente capaz de garantir a estabilidade para a escavação. Já o tubulão pneumático ou em ar comprimido torna possível a escavação abaixo do lençol freático utilizando ar comprimido com pressão igual à pressão da água intersticial. Este tipo de tubulão não é muito utilizado devido ao seu risco e custo.

2.3.2.2 *Estaca*

A estaca (Figura 2) é uma fundação profunda que tem como sua resistência principal a resistência lateral (resistência de fuste). Existem muitos tipos de estacas atualmente utilizadas, e elas podem ser basicamente classificadas em 2 tipos: Estaca de deslocamento, tipo de estaca introduzida sem a retirada do solo, como por exemplo a estaca pré-moldada de concreto armado além de muitas outras, e também o tipo estaca-escavada, que são executadas “in situ” pela perfuração do terreno através de um processo qualquer através da retirada de material, podendo ter ou não revestimento e utilizando ou não fluído estabilizante.

2.4 CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES DOS SOLOS

A classificação e propriedades dos solos seguirão de acordo com Pinto (1998), onde para todo tipo de projeto de fundações têm-se a carga aplicada

proveniente da obra a contrapartida do solo referente a esta carga. Como os solos são muito diferentes entre si, conseqüentemente respondem a carga atuante de formas diferentes e com isso a experiência obtida pelos construtores se baseia sempre pelo tipo de solo no qual se realizará a obra.

Os solos são formados a partir da desagregação das rochas seja pela natureza ou pela própria ação do homem, ou seja, de forma química ou física. As partículas provenientes dos diferentes tipos de rochas ou de um mesmo tipo dão formação ao solo.

De uma forma primária a diferença dos tipos de solos se dá a partir do tamanho do grão que a constitui, sendo classificadas entre faixas de tamanhos de grãos cujos limites são dados a seguir:

Argila: inferior a 0,002mm (ou 0,005mm).

Silte: de 0,002mm a 0,075mm (ou de 0,005mm a 0,06mm).

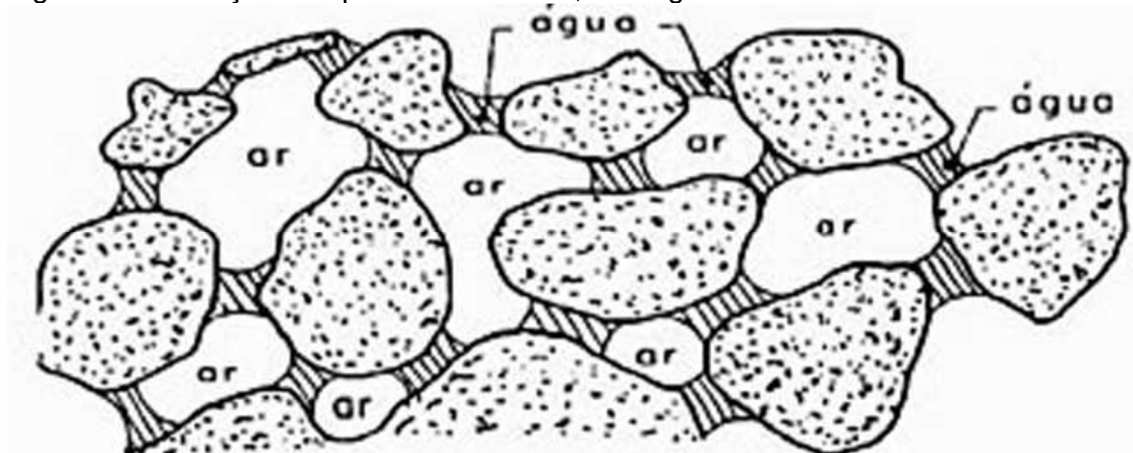
Areias: de 0,075mm a 2,00mm (ou de 0,06mm a 4,8mm).

Pedregulhos: de 2,00mm (ou 4,8mm) a 15cm.

Já as areias são subdivididas em grossas, médias e finas.

Além das partículas os solos também contem outros materiais que ficam entre as partículas, são eles a água ou líquido e o ar, elementos estes responsáveis em preencher os vazios do solo como demonstra a (Figura 3).

Figura 3 – Interação das partículas sólidas, ar e água



Fonte: Pinto (1998, p.75).

A água é um mineral que se comporta de maneira complexa e, dependendo do tipo do solo com que se trabalha, ela pode causar grandes problemas para a fundação.

O interesse da engenharia devido a diversidade de solos e a diferença de comportamento entre os solos levou a agrupamentos distintos quanto a classificação dos solos. Estes agrupamentos têm como objetivo para a engenharia estimar o provável comportamento que o solo terá ou, ao menos, orientar a investigação de um problema de forma adequada.

A classificação dos solos é muito discutida quanto a sua validade, pois se criam grupos distintos quanto sua classificação numérica e contrapartida os solos apresentam características variáveis, deste modo solos que reagem de formas parecidas podem ser classificados em grupos diferentes ou vice e versa. Assim, é possível classificar solos perante seus índices físicos, mas tal classificação nunca poderá ser mais válida do que os próprios parâmetros do solo. Contudo a classificação dos solos é muito importante no sentido de aprendizagem e conhecimento, podendo se classificar os solos em diversas maneiras como pela sua origem, sua evolução, presença ou não de matéria orgânica, pelo preenchimento dos vazios e até mesmo sua estrutura. O considerado sistema de engenharia de classificação se dá pelo sistema que se baseia na tipologia do comportamento das partículas do solo que são mais comumente usadas.

Para fins de características mais completas do solo em função da criação de infraestruturas para o mesmo existem vários ensaios de laboratório e de campo a fim de descobrir também os índices e a granulometria do solo e conseqüentemente suas classificações e, a partir de então, calcular os demais índices a fim de ajudar a se obter o maior número de características do solo, delimitando-se assim o(s) melhor(es) tipo(s) de fundação para a obra que será realizada neste solo em análise.

2.4.1 Investigação do solo

De acordo com Quaresma, Décourt, Almeida, Quaresma Filho e Danziger (1998), a elaboração de um projeto geotécnico, além de requerer um conhecimento adequado dos solos, procede-se com a identificação da classificação das camadas do solo, além da avaliação da engenharia propriamente dita. Para tal análise é necessária a amostragem do solo ou algum outro processo com a mesma função de classificar e identificar os solos, como a execução de ensaios em laboratório ou em campo, que gerem os mesmos resultados.

Existem muitos tipos de ensaios geotécnicos, dentre eles os mais comumente usados e que conseqüentemente se destacam serão citados a seguir para fins de compreensão:

- a) “Standard Penetration Test” – SPT.
- b) O “Standard Penetration Test” complementado com medidas de torque – SPT-T.
- c) O ensaio de penetração de cone – CPT.
- d) O ensaio de penetração de cone com medidas das pressões neutras, ou piezocone – CPT-U.
- e) O ensaio de palheta – “Vene Test”.
- f) Os pressiômetros (de Ménard e auto-perfurantes).
- g) O dilatômetro de Marchetti.
- h) Os ensaios de carregamento de placa – provas de carga.
- i) Os ensaios geofísicos, como o ensaio de Cross-Hole.

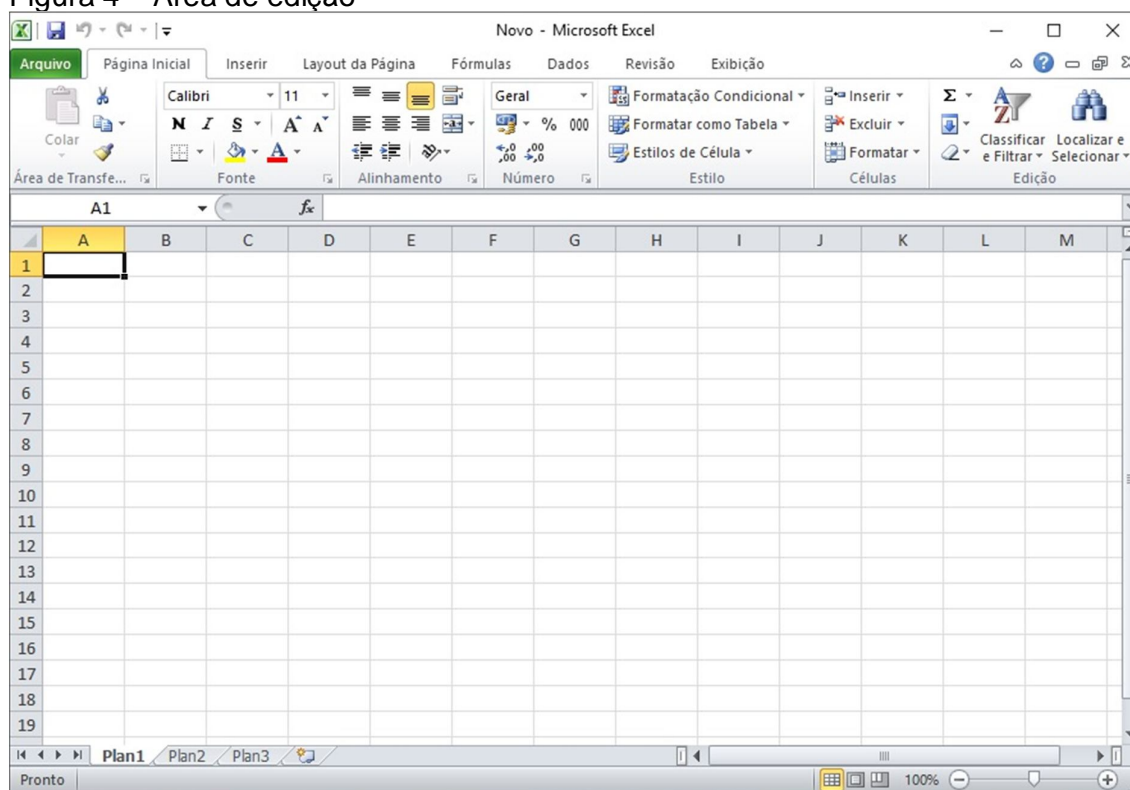
O SPT é sem sombra de dúvidas o ensaio mais utilizado na grande maioria dos países do mundo incluindo o Brasil, apesar de haver uma tendência atual pelo ensaio SPT-T.

Portanto o programa que será desenvolvido aceitará características provenientes do solo baseadas no ensaio geotécnico SPT apenas, a fim de unificar a inserção de dados.

2.5 CARACTERÍSTICAS DO EXCEL

De acordo com a S.O.S Computadores (2004), o Excel é um aplicativo que tem como uma de suas principais funções realizar cálculos. Ao se executar o programa Excel da Microsoft nos deparamos com a Área de Edição (Figura 4), área esta no qual será trabalhado o programa aqui descrito, com suas devidas guias e barras de utilização.

Figura 4 – Área de edição



Fonte: Elaborado pelo autor

Como observado na Figura 4, as colunas são representadas por letras e as linhas por números em sua planilha (representação da folha em papel quadriculado), pois isso facilita a localização da célula, como por exemplo, a célula A1 selecionada na imagem que corresponde a coluna A e a linha 1.

Para cada arquivo do Excel podem-se utilizar várias planilhas destas conforme demonstradas na Figura 4 em sua parte inferior esquerda como Plan1, Plan2, Plan3, que se remetem respectivamente à planilha 1, planilha 2 e planilha 3, bastando selecionar a planilha em que deseja trabalhar. Também é possível renomear as planilhas, facilitando a localização da planilha com a qual se deseja trabalhar ou a interligação das planilhas quando necessário e até mesmo a criação de planilhas adicionais.

O Excel possui barras e guias muito parecidas com a do Word e com inúmeras ferramentas das quais algumas serão descritas posteriormente.

Após a seleção de uma célula pode-se escrever qualquer coisa, como números, letras, textos etc. As colunas assim como as linhas podem ser alteradas, aumentando-as ou diminuindo-as conforme sua necessidade de espaço.

2.5.1 Simbologia e funções

O Excel assim como qualquer programa computacional utiliza sua própria simbologia. Uma vez que o Excel é um programa para computador, a simbologia para suas operações matemáticas foram adequadas para o teclado de um computador, sendo os sinais mais comumente utilizados na simbologia os apresentados na Tabela 1

Tabela 1 - Simbologia

Sinal	Operação
+	Soma
-	Subtração
/	Divisão
*	Multiplicação
^	Exponenciação

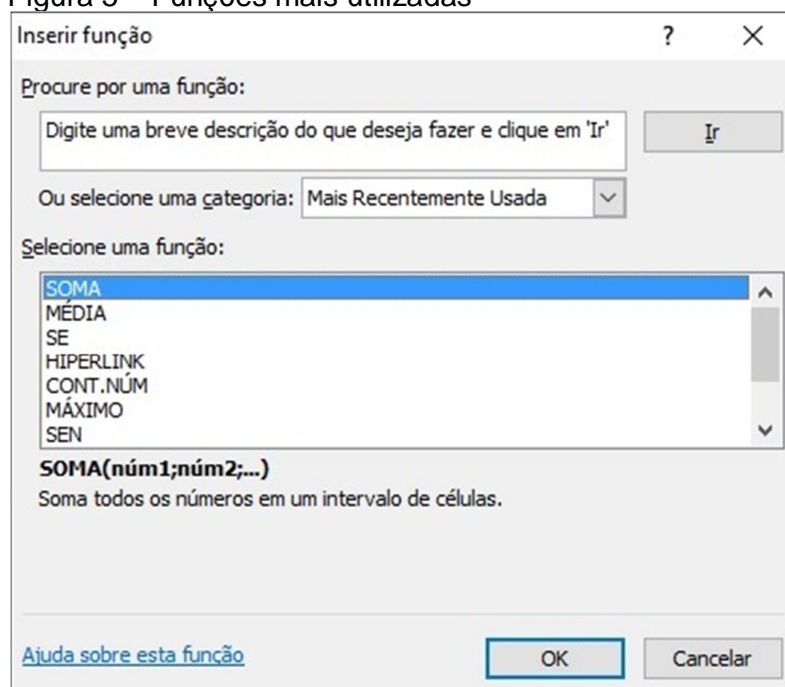
Fonte: Elaborado pelo autor

Antes de iniciar qualquer tipo de cálculo é necessário informar ao Excel que naquela célula será realizado um cálculo e não uma informação textual normal, para isso é necessário colocar o sinal de (=) antes de realizar o cálculo, além disso, é possível utilizar uma célula que contem um número ao invés da numeração, ou, o próprio número.

O Excel também dispõe da ferramenta responsável por dividir a fórmula em partes, como na própria matemática utilizam-se parênteses para sua separação.

Além das simbologias básicas utilizáveis, também é possível utilizar algumas funções dispostas pelo Excel. Existem inúmeras funções utilizáveis que se remetem a inúmeras áreas da matemática, como as apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Funções mais utilizadas



Fonte: Elaborada pelo autor

Estas funções utilizadas para a criação de fórmulas de inúmeras áreas serão muito utilizadas para a criação do programa a ser elaborado por meio deste trabalho, no qual, de acordo com as fórmulas regulamentadas de dimensionamento de fundações, se encaixarão respectivamente em suas devidas necessidades.

É possível mesclar as funções dentro de uma mesma fórmula utilizando adequadamente funções que se ligam para a criação do resultado almejado, também é possível interligar planilhas e arquivos distintos em uma mesma fórmula, tornando cada vez mais dinâmicas suas ideias quando colocadas em prática.

Para a utilização de algumas funções é necessário o conhecimento da utilização de alguns sinais, como os dois pontos, ponto e vírgula, sinal de maior ou menor, dentre outros que serão melhor representados posteriormente, os quais necessitam ser empregados corretamente para evitar erros nos cálculos, pois o Excel calcula apenas o que lhe é ordenado, logo não tem a capacidade de compreender erros de criação e digitação das fórmulas (erros humanos).

2.5.2 Fórmulas e formulações

Segundo o Curso de sistemas de informação (2006), o Excel dispõe de várias maneiras de se calcular a mesma coisa, como, por exemplo, em uma situação na qual uma loja que vendeu uma certa quantidade de produtos a um único cliente e necessita saber o valor que este mesmo cliente deve pagar por suas compras, pode-se realizar este cálculo de várias maneiras diferentes usando a simbologia padrão, ou a função (SOMA) dentre outros modos de se calcular como mostra o exemplo de cálculo 1 (Figura 6), e o exemplo de cálculo 2 (Figura 7).

Figura 6 - Exemplo de cálculo 1

	A	B	C	D
1	Mercadoria	Valor R\$		Total da compra
2	Blusa	30		190
3	Sapato	60		ou
4	Tênis	75		190
5	Camiseta	25		

Fonte: Editado pelo autor

Como pode-se visualizar na Figura 6 o cliente comprou quatro itens, uma blusa de R\$ 30,00, um sapato de R\$ 60,00, um tênis de R\$ 75,00 e uma camiseta de R\$25,00. Observando-se a chamada barra de fórmulas no canto superior direito da Figura 6 (à frente do fx), pode-se observar como foi feito o cálculo da soma destes 4 itens.

Iniciou-se com o sinal de (=) para que o Excel entenda que se trata de uma conta matemática, e então se fez a conta normalmente utilizando as células correspondentes aos valores de cada item comprado: B2+B3+B4+B5.

Ao se pressionar o botão enter do teclado o Excel fez o cálculo e automaticamente gera o resultado na mesma célula de R\$ 190,00, porém manteve a fórmula utilizada na barra de fórmulas para conferência ou futuras modificações quando necessário.

Agora se nota este mesmo cálculo realizado de outra maneira como demonstrado no exemplo de cálculo 2 (Figura 7).

Figura 7 – Exemplo de cálculo 2

D4				fx	=SOMA(B2:B5)
	A	B	C	D	
1	Mercadoria	Valor R\$		Total da compra	
2	Blusa	30		190	
3	Sapato	60		ou	
4	Tênis	75		190	
5	Camiseta	25			

Fonte: Elaborada pelo autor

Pode-se observar que o resultado foi o mesmo valor de R\$ 190,00 gerado no exemplo passado, porém foi utilizada uma formulação diferente.

Após o sinal de (=) foi utilizado a função SOMA, que como o próprio nome sugere somará os itens seguintes, logo em seguida foi aberto o parênteses, que significa que a soma a ser realizada se baseia nos itens descritos dentro destes parênteses: (B2:B5). A utilização dos dois pontos significa que será somado do item da célula B2 ao B5, ou seja, os itens nas células B3, B4 também estão inclusos no somatório.

Assim como foi demonstrado nas Figuras 6 e 7, existem inúmeros modos de se realizar um mesmo cálculo, utilizando a simbologia padrão ou as funções dispostas pelo Excel.

Outra questão importante é a utilização de um valor em uma célula que não esteja na mesma planilha onde a formula será inserida, suprimindo a necessidade da interligação de planilhas.

Como exemplo admita que uma loja seja dividida em setores onde o setor 1 se destina a roupas em geral e o setor 2 apenas a calçados, então houve a necessidade de se criar 3 planilhas. A primeira corresponde ao primeiro setor, a segunda ao segundo setor e a terceira a soma dos valores comprados tanto no setor 1 quanto no setor 2.

Onde um cliente comprou 2 itens do setor 1 e 1 item do setor 2 sendo eles, uma blusa, uma camiseta e um tênis encontrados em seus setores (Figura 8).

Figura 8 – Setores de compra

Setor 1		Setor 2	
Mercadoria	Preço R\$	Mercadoria	Preço R\$
Blusa	30	Tênis	85
Calça	80	Sapato	75
Cinto	25		
Camisa	35		
Camiseta	30		

Fonte: Elaborado pelo autor

Como se pode observar na Figura 8 é necessário inserir dados de duas planilhas diferentes do mesmo arquivo em uma terceira para que assim seja possível calcular os gastos que este cliente gerou ao realizar suas compras na mesma loja em setores distintos.

Assim como descrito anteriormente esta conta pode ser realizada de diversas formas, porém será feito utilizando as simbologias básicas como se pode ver em total das compras (Figura 9).

Figura 9 – Total das compras

C20		fx		='Setor 2'!B17+'Setor 1'!B17+'Setor 1'!B21			
A	B	C	D	E	F	G	H
		Total da compra do cliente					
		145					

Fonte: Elaborado pelo autor

A formulação assim como todas as outras inicia com o sinal de (=) Logo em seguida entre apóstrofo (') está escrito o nome da planilha onde se localiza a célula com o valor do item tênis chamada Setor 2, após o fechamento da apóstrofe contem o sinal de exclamação, que é utilizado para fixar a planilha, em outras palavras é obrigatório seu uso quando utilizadas informações de outras planilhas, logo em

seguida se coloca a célula na qual o valor do tênis se localiza dentro da planilha Setor 2.

Com isso já foi inserido o valor do tênis, então basta colocar o sinal de + e inserir os outros 2 valores correspondentes à blusa e a camiseta, contudo elas se localizam na planilha Setor 1, como demonstrado na Figura 8 em sua barra de fórmulas.

Por fim se tem a seguinte formulação: ='Setor 2'!B17+'Setor 1'!B17+'Setor 1'!B21.

E o valor correto para a soma dos 3 itens inserido diretamente na célula mesclada C20, conforme esperado.

Também é possível realizar um método parecido para adicionar ao seu cálculo uma célula de um outro arquivo, entretanto, como o programa será elaborado em apenas um arquivo, não há necessidade de se exemplificar.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem propósito experimental de forma quantitativa. Seu desenvolvimento se deu por meio de estudos teóricos, abrangendo assim a revisão bibliográfica de campos distintos. Sendo estas questões de engenharia de fundações a fim de dimensionamento, análise, além de criação e interpretação de fórmulas explorando a utilização de ferramentas computacionais descritas no desenvolvimento do presente trabalho.

Deste modo, o referido trabalho tem como obtenção de dados a viabilidade da aplicação de formulações de dimensionamento de fundações com a ferramenta Excel, além das limitações relevantes que serão obtidas no decorrer da criação da formulação das fórmulas, que se baseiam nos aspectos de projeto, carregamentos e características do solo.

Os dados referentes ao dimensionamento de fundações são analisados a partir de suas fórmulas pré-estabelecidas pela ABNT NBR 6122/2010, além das bibliografias referidas ao mesmo e o conteúdo ministrado em sala de aula. A partir desta análise é aplicada a compatibilidade das mesmas com a ferramenta computacional empregada de forma prática a fim de fixar suas limitações e estabelecer um caminho concreto, uniforme e coerente para todo o programa.

Contudo a ferramenta em uso dispõe de várias formas de se calcular uma mesma equação dando o experimento um aumento no possível índice de sucesso.

4 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

Na seqüência serão detalhados os processos que envolvem o dimensionamento de cada tipo de fundação proposto por este trabalho, assim como a logística empregada e as considerações específicas que foram levadas em conta para seu dimensionamento. Esta etapa do trabalho também inclui o memorial de cálculo empregado.

4.1 LOGÍSTICA DE DESENVOLVIMENTO

Assim como qualquer projeto bem realizado, o programa proposto segue uma lógica inicial de desenvolvimento, que rege a seqüência de cálculo empregado e o método de ligação das fórmulas previstas de formas separadas, a fim de ligá-las gerando um resultado positivo.

A lógica básica inicial para o desenvolvimento do programa, é inicialmente realizar todos os dimensionamentos de cada tipo de fundação de forma separada assim como a parte de inserção de dados e demonstração de resultados, e então ligá-los de modo a fazer com que o programa funcione de forma sequencial e separada.

Como já descrito anteriormente o programa irá trabalhar em cima de cinco tipos de fundações, sendo duas fundações tipo rasa e os outros três tipo profunda, onde dois de cada tipo de fundação são fundações mais utilizadas e uma delas uma fundação mais diferenciada, sendo a fundação diferenciada a fundação de tubulão de divisa, onde cada um dos tipos de fundação será tratado de forma separada (guias separadas no excel).

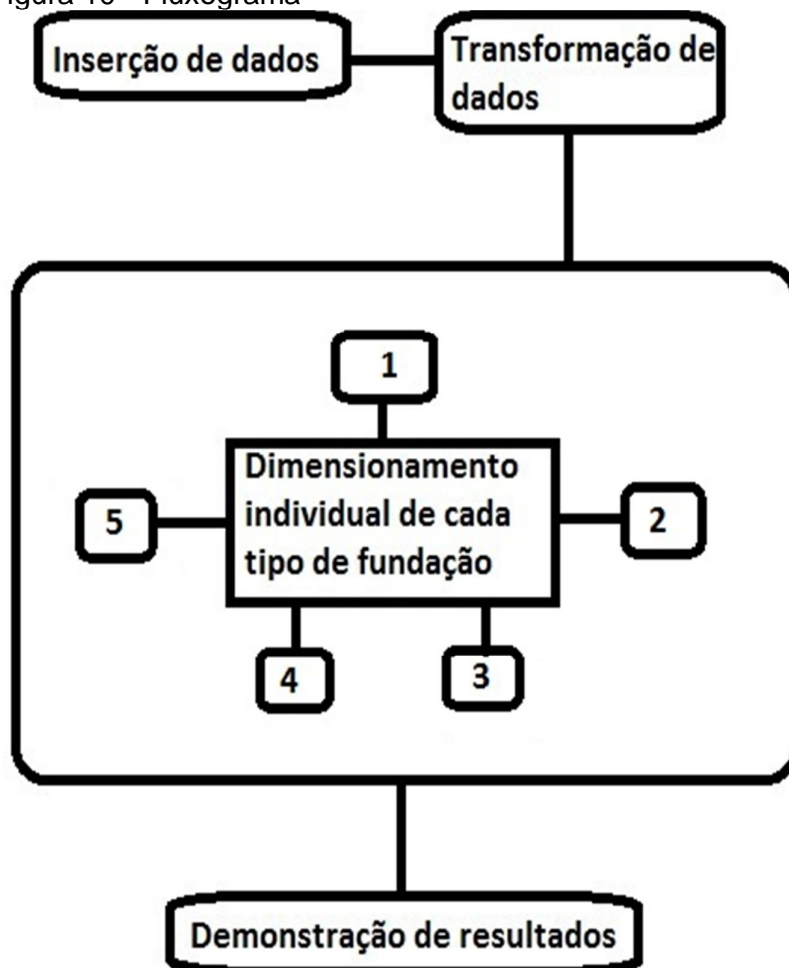
Além dos dimensionamentos das fundações o programa também irá contar com a parte de inserção de dados, onde parte dela deverá ser feita especificamente para cada tipo de fundação e podendo existir partes iguais para todos os tipos de fundação.

Seguido da inserção de dados é necessária a criação de uma guia exclusiva para a transformação dos dados que foram inseridos, pois os dados deverão ser transformados variando de acordo com o tipo de fundação, o método empregado além de contar com os cálculos preliminares, criando-se, então, a ligação da inserção de dados com os dimensionamentos.

Depois de realizados todas as etapas citadas serão transcritos os resultados dos dimensionamentos, com suas devidas observações como resultado final do dimensionamento em uma aba exclusiva para apresentação dos resultados, ou sendo os resultados apresentados na mesma guia da inserção de dados.

O fluxograma (Figura 10) tem por finalidade demonstrar a logística de desenvolvimento do trabalho separando cada dimensionamento e ligando-os futuramente de forma a gerar um dimensionamento correto, lógico, separado e coerente simplificando assim seu desenvolvimento.

Figura 10 - Fluxograma



Fonte: Elaborado pelo autor

Como o dimensionamento será feito em partes separadas para todos os tipos de fundação, inicialmente terá de partir de dados já trabalhados, ou seja, devidamente transformado para sua inserção nas fórmulas diretamente. E assim depois de realizados todos os tipos de fundação previstos e a parte de inserção de

dados assim como a parte de transformação de dados, ligam-se então os dados transformados nas fórmulas de dimensionamento substituindo os valores dos dados iniciais utilizados para orientar a criação dos dimensionamentos.

A partir da lógica empregada e citada anteriormente pode-se então partir para a descrição dos dimensionamentos de cada etapa que será empregada e proposta para este trabalho.

4.2 DESCRIÇÃO DO MEMORIAL DE CÁLCULO

A seguir será detalhado o memorial de cálculo empregado em cada uma das etapas do programa separadamente e seguindo sempre as prescrições da NBR 6122/2010.

4.2.1 Dimensionamento do tubulão comum

Conforme descrito anteriormente o tubulão comum é um tipo de fundação profunda muito comumente utilizada, onde sua maior resistência se dá pela base. No que se refere a resistência por atrito lateral do tubulão assim como adotado por diversos autores, será anulada com o peso próprio do tubulão, ou seja, a resistência por atrito lateral supri o peso próprio do tubulão, logo o peso dele não será utilizado em seu dimensionamento.

Para a criação do dimensionamento é necessário a utilização de dados já transformados, e para este fim serão utilizados dados de um exercício de dimensionamento já calculado.

Onde o tubulão se restringe para este dimensionamento apenas em um perfil circular, por ser o mais utilizado.

Os dados preliminares para dimensionamento de um tubulão comum são:

- a) A carga (P) proveniente do pilar ligado ao tubulão que será dimensionado, onde para efeito de cálculo já deverá estar na unidade de Kgf;
- b) O chamado (f_{ck}) do concreto que será utilizado para a realização desta fundação, já transformado se necessário para a unidade de Kgf/cm²;
- c) O peso específico do solo em todas as cotas até a cota de apoio escolhida da base, para determinação prévia da tensão admissível do

solo, ou a inserção da própria tensão admissível do solo (o que demonstrar ser mais eficiente);

- d) A cota de apoio da base do tubulão que deverá ser escolhida previamente pelo usuário do programa, onde a fim de se obter uma melhor fundação pode escolher dimensioná-lo várias vezes em cotas diferentes;
- e) O chamado N (número de golpes), que será utilizado para o dimensionamento de todas as fundações, proveniente do ensaio (SPT) de no mínimo todas as cotas até a cota de apoio da base, também a fim de se determinar previamente a tensão admissível do solo (o que demonstrar ser mais eficiente);
- f) A característica do tubulão, ou seja, se ele é encamisado ou não

E então a partir destes dados que serão futuramente gerados pelo próprio usuário e, porém inicialmente serão utilizados dados dispostos em um exercício de dimensionamento de tubulão já realizado, a fim de se verificar os resultados obtidos e assim confirmar se o programa está calculando corretamente, se da início ao dimensionamento em etapas separadas a seguir:

Todas as etapas de dimensionamento seguem a imagem em corte e em planta do tubulão (Figura 11) disposta no final do dimensionamento e que também será anexada no programa.

1º Etapa – Nesta etapa se majora a carga (P) proveniente do pilar em 40%, ou seja, multiplica-se a carga por 1,4, onde esta carga majorada irá substituir a carga (P) em todo o restante do cálculo, mantendo a unidade em Kgf.

2º Etapa – Nesta etapa se minorar o (f_{ck}) do concreto empregado duas vezes, dividindo o valor do (f_{ck}) dado por 1,6 ou 1,5 para tubulão não encamisado ou encamisado respectivamente, gerando assim o chamado (f_{ck}'), e posteriormente multiplicando o valor de (f_{ck}') por 0,85 gerando assim o resultado final (f_{ck}'') que irá substituir o valor de (f_{ck}) em todo o restante do cálculo, mantendo a unidade em Kgf/cm².

3º Etapa – Nesta etapa se dimensionará o diâmetro do fuste (D_f) preliminar, ou seja, este valor pode vir a ser alterado dependendo do restante do dimensionamento. Vale lembrar que a área do fuste é dado; pela multiplicação do valor de (P_i), com o raio do fuste ao quadrado ($P_i=3,14$), já que se trata da área de uma circunferência. Encontra-se a área do fuste pela famosa fórmula tensão é igual

a força sobre a área, onde a força utilizada é a carga majorada na 1º Etapa e a tensão é o valor do (f_{ck}). Encontrada a área descobre-se o raio do fuste e consequentemente multiplicando-o por 2 encontra-se o (Df) que por sua vez seguindo a normativa deve ser múltiplo de 5cm (múltiplo de 5cm sempre acima do valor, ou seja a favor da segurança) mantendo a unidade do (Df) em cm.

4º Etapa – Esta etapa se baseia na transcrição da tensão admissível do solo que será calculada previamente pela aba de transformação de dados e transcrita corretamente para o dimensionamento em Kgf/cm².

5º Etapa – Nesta etapa será dimensionado o diâmetro da base (Db) final, ou seja este valor não será alterado futuramente, onde se encontrará o valor da área da base pela mesma fórmula tensão é igual a força sobre área, sendo a força majorada da 1º Etapa e a tensão, sendo a tensão admissível do solo provinda da 4º Etapa, e a partir da área encontra-se o (Db) da mesma maneira que a 3º Etapa. O (Db) também deve ser transformado em múltiplo de 5cm de forma a ser a favor da segurança, além de se manter na unidade de cm.

6º Etapa – Nesta etapa será dimensionado a altura (h) da base da fundação, sendo que (h) é a soma das alturas do tronco de cone e do rodapé, ou seja a altura da base inteira. O dimensionamento de (h) se dá pela Fórmula 1.

$$\operatorname{tg} \alpha = h / \{(Db - Df) / 2\} \quad (1)$$

Onde o valor de (α) já é fixado pela NBR 6122 em 60°. Isolando o (h) tem-se, mediante a Fórmula 2.

$$\operatorname{tg} \alpha * \{(Db - Df) / 2\} = h \quad (2)$$

O valor máximo de $h = 200\text{cm}$, e a partir deste ponto do dimensionamento é necessário algumas considerações para que o valor de (h) não ultrapasse nunca 200cm, e para esta questão foi criado a 7º Etapa como meio de geração de um resultado onde se atende a altura máxima estipulada por norma, porém proporcionalmente ao decréscimo que a altura irá sofrer o (Df) do tubulão irá aumentar, aumentando o volume de concreto, ou seja, o custo da obra. Portanto cabe ao usuário do programa descobrir se compensa ou não aumentar a cota de apoio da base ou mantê-la com um gasto maior de concreto.

7º Etapa – Analisando a Fórmula 1, se pode perceber que a única maneira de se diminuir a altura (h) sem alterar o (Db) e mantendo o ângulo α é aumentando o (Df). Portanto caso o resultado de (h) seja maior que 200cm será feito um redimensionamento do (Df), voltando a lembrar que cabe ao usuário decidir se

compensa ou não adotar uma cota diferente, em função de suas necessidades. Ou seja esta etapa se baseia na fórmula da 6ª Etapa utilizando o valor máximo estipulado por norma de (h) e encontrando assim o (Df) correspondente, mantendo o valor do (Df) em cm, e substituindo-o no (Df) calculado na 3ª Etapa somente se $h > 200\text{cm}$. Nesta etapa também se calcula o chamado (h0) que nada mais é do que a altura do rodapé da base da fundação, após encontrar o h correto baseado no início desta etapa.

O (h0) corresponde ao maior valor dentre as duas opções: $h/3$ ou 20cm , conforme estipulação da NBR 6122.

8ª Etapa – nesta etapa após realizadas todas as outras etapas sequencialmente será calculado o volume de concreto utilizado para a realização da fundação, porém como o tubulão não tem uma geometria uniforme, então o cálculo de seu volume também pode ser realizado em três partes sendo uma parte para o cálculo do volume do fuste, e as outras duas partes referentes ao tronco de cone da base e ao cilindro correspondente ao rodapé.

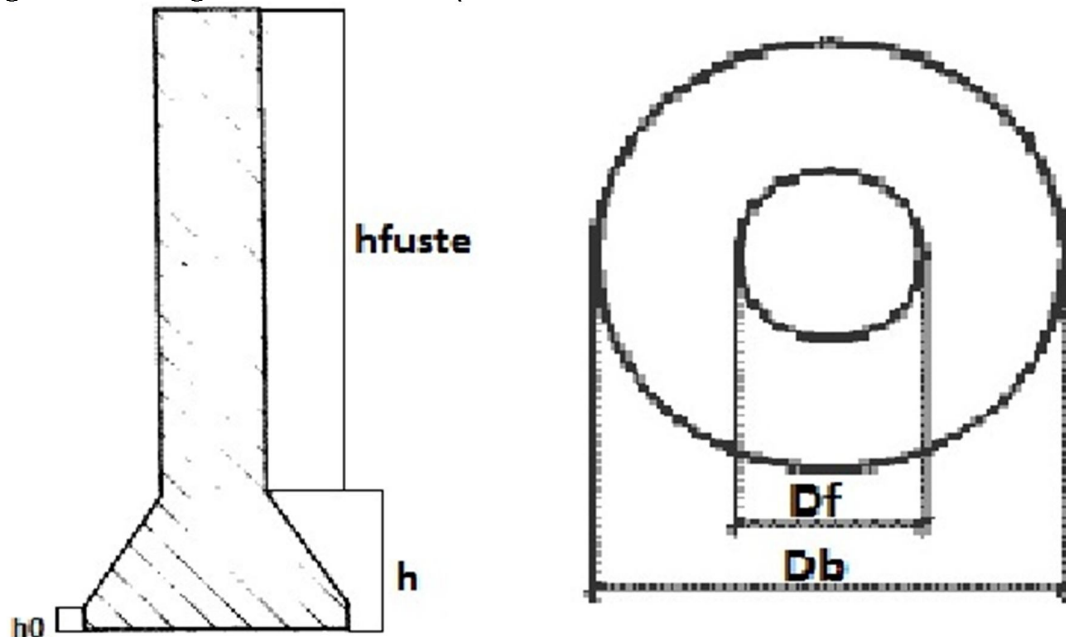
Sendo o volume do fuste (V_f), a multiplicação entre a altura do fuste (H_f) e a área do fuste;

O volume do cilindro da base (V_c), correspondente a multiplicação da área de apoio da base com a altura do rodapé (h_0), e o volume do tronco de cone da base (V_{tc}) calculado pela Fórmula 3.

$$V_{tc} = \left\{ \frac{(h-h_0) \cdot \pi}{3} \right\} \cdot (r_b^2 + r_f^2 + r_b \cdot r_f) \quad (3)$$

Após o cálculo separado de cada volume pode-se encontrar o volume total (V_t) pela soma dos três volumes acima mencionados.

Figura 11 – Imagem em corte e em planta do tubulão



Fonte – Elaborado pelo autor

4.2.2 Dimensionamento de estacas

Conforme descrito anteriormente a estaca é uma fundação muito utilizada na construção civil, onde sua maior resistência se dá por atrito lateral, apesar de conter uma certa resistência de ponta.

Para a criação do dimensionamento é necessário a utilização de dados já transformados, e para este fim serão utilizados dados de um exercício de dimensionamento já calculado.

Onde a estaca se restringe para este dimensionamento apenas em um perfil circular, por ser o mais utilizado.

Os dados preliminares para dimensionamento de uma estaca são:

- a) O diâmetro externo da estaca (D_e), que deverá ser escolhido pelo usuário, a fim de se calcular a área de ponta (A_p), onde o (D_e) deverá estar na unidade de metros;
- b) A Carga atuante nesta estaca (P) proveniente do pilar, onde sua unidade deverá estar em Tf para fins de cálculo;

- c) A cota de apoio da base da estaca, ou seja o comprimento da estaca desejado pelo usuário, onde a unidade deve estar em metros se necessário;
- d) O (N_p) numero de golpes na cota de apoio, provenientes do ensaio (SPT);
- e) Os coeficientes tabelados (K) e (α), que serão escolhidos pelo usuário em função do tipo de solo, baseado na tabela proporcionado por Aoki-Velloso;
- f) Os coeficientes (F_1) e (F_2), que serão escolhidos pelo usuário em função do tipo de estaca que será empregado, também baseado na tabela proposta por Aoki-Velloso, para somente estaca franki, metálica e pré-moldada.

Onde os coeficientes (K), (α), (F_1) e (F_2) se baseiam na apostila de Cintra e Albiero (1985), e representam o tipo de solo e estaca empregado.

E então a partir destes dados que serão futuramente gerados pelo próprio usuário e, porém inicialmente serão utilizados dados dispostos em um exercício de dimensionamento de sapata já realizado, a fim de se verificar os resultados obtidos e assim confirmar se o programa está calculando corretamente, se da início ao dimensionamento em etapas separadas a seguir.

Todas as etapas de dimensionamento seguem a imagem em corte e em planta da estaca (Figura 12) disposta no final do dimensionamento e que também será anexada no programa.

1º Etapa – Nesta etapa é realizado o cálculo da área de ponta (A_p), que é calculado pela multiplicação de (P_i) pelo raio ao quadrado ($P_i = 3,14$), mantendo a unidade em m^2 .

2º Etapa – Nesta etapa é calculada a resistência de ponta da estaca (R_p), dado pela Fórmula 4.

$$R_p = [(k \cdot N_p) / F_1] \cdot A_p \quad (4)$$

Mantendo o valor de (R_p) em Tf.

3º Etapa – Nesta etapa é realizado o cálculo do perímetro da estaca (U), que é feito pela multiplicação de 2, (P_i) e o raio ($P_i = 3,14$), mantendo a unidade de (U) em metros.

4º Etapa – Nesta etapa se é feito o cálculo da resistência por atrito lateral da estaca (R_l), que também pode ser descrita pela Fórmula 5.

$$RI = U \cdot x \cdot \Delta I \cdot NI \quad (5)$$

Onde $\Delta I \cdot NI$ representa a multiplicação do (N) número de golpes proveniente do ensaio (SPT), de todas as camadas até a camada de apoio da base pela altura correspondente a estas camadas, ou seja, o somatório de todos os (N) até a cota da base da estaca. Onde este valor será inserido de forma direta ou indireta pelo usuário, desprezando-se a primeira camada.

Em contrapartida o valor de (x) pode ser encontrado pela Fórmula 6.

$$X = (\alpha \cdot k) / F2 \quad (6)$$

Então chega-se ao resultado de (RI), que deve se manter na unidade de Tf, assim como o valor de (Rp).

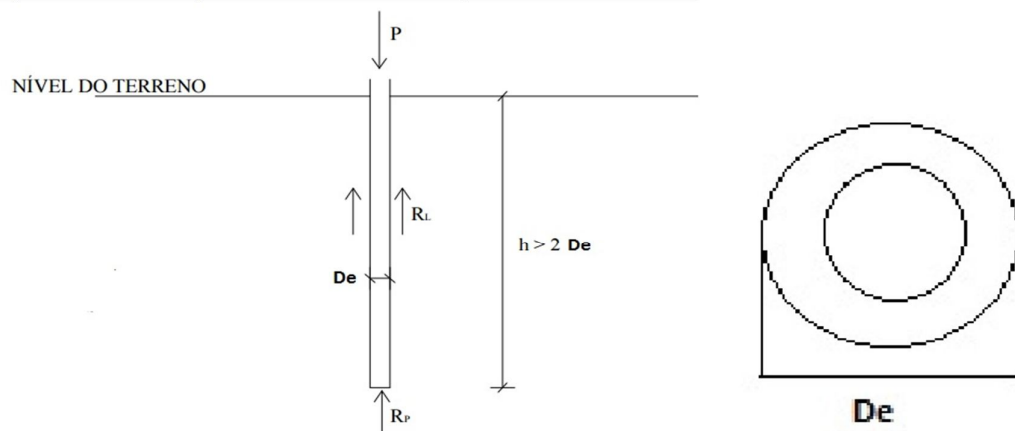
5º Etapa – Nesta etapa é realizado o cálculo da carga admissível na estaca (Padm), que conforme a NBR 6122/2010 é dado pela Fórmula 7.

$$Padm = (Rp/3) + (RI/2) \quad (7)$$

6º Etapa – Esta etapa tem como objetivo um efeito comparativo, pois dado a carga que a estaca deve suportar pelo usuário, assim como as medidas do diâmetro e comprimento da estaca é necessário realizar a verificação $(Padm) > (P)$, onde se o resultado obtido pelo dimensionamento não cumprir esta condição o usuário deverá inserir outros valores para o diâmetro ou o comprimento da estaca até que a condição seja cumprida.

7º Etapa – Após o cumprimento da condição da 6º Etapa, é realizado nesta etapa o cálculo do volume de concreto utilizada pela estaca (V), que pode ser representado pela multiplicação de (Ap) com a altura da estaca.

Figura 12 – Imagem em corte e em planta da estaca



4.2.3 Dimensionamento do tubulão de divisa

Como já descrito anteriormente o tubulão de divisa é uma fundação profunda bem incomum na construção civil, por se tratar de um dimensionamento feito em uma divisa de terreno, ou seja um caso bem particular, e que tem como maior resistência sua base. No que se refere a resistência por atrito lateral do tubulão assim como adotado por diversos autores, será anulada com o peso próprio do tubulão, ou seja, a resistência por atrito lateral supri o peso próprio do tubulão, logo o peso dele não será utilizado em seu dimensionamento.

Para a criação do dimensionamento é necessário a utilização de dados já transformados, e para este fim serão utilizados dados de um exercício de dimensionamento já calculado.

Onde o tubulão de divisa se restringe para este dimensionamento apenas em um perfil como demonstrado na Figura 13 no final do dimensionamento.

Os dados preliminares para dimensionamento de um tubulão de divisa são:

- a) As cargas (P1) e (P2), provenientes dos dois pilares, sendo (P1) referido a carga atuante no tubulão de divisa, e (P2) referido a carga atuante no tubulão de apoio ligado ao primeiro tubulão pela viga alavanca. Onde para efeito de cálculo deve estar na unidade de Kgf;
- b) A cota de apoio da base do tubulão de divisa (CB), se necessário já na unidade de cm;
- c) A distância (d) entre os eixos dos pilares (P1) e (P2), já em cm se necessário;
- d) As seções do pilar ligado ao tubulão de divisa, sendo (l) a maior dimensão vista em planta, e (b) a menor;
- e) Os requisitos para determinação da tensão admissível do solo, ou a própria tensão admissível, o que demonstrar ser mais eficiente assim como no tubulão comum descrito anteriormente;
- f) O chamado (fck) do concreto utilizado para a realização da fundação, já transformado na unidade a ser trabalhada;
- g) O raio da falsa elipse (r), a ser estipulado pelo usuário que deverá seguir as prescrições da NBR 6122, de modo com que o próprio usuário se responsabilize pelo valor ali inserido, já em cm se necessário;

h) A característica do tubo, ou seja, se ele é encamisado ou não.

E então a partir destes dados que serão futuramente gerados pelo próprio usuário e, porém inicialmente serão utilizados dados dispostos em um exercício de dimensionamento de tubo de divisa já realizado, a fim de se verificar os resultados obtidos e assim confirmar se o programa está calculando corretamente, se da início ao dimensionamento em etapas separadas a seguir:

Todas as etapas de dimensionamento seguem a imagem em corte e em planta do tubo de divisa (Figura 13) disposta no final do dimensionamento e que também será anexada no programa.

1º Etapa – Nesta primeira etapa é calculada a excentricidade (e), que é a distância entre o centro do pilar (P1) e o centro do fuste do tubo de divisa. Que é calculado de acordo com a Fórmula 8.

$$e = r+z-f-(b/2) \quad (8)$$

Onde (z) representa a distância entre a divisa do terreno e a parte mais próxima da base da fundação, e o (f) representa a distância entre a divisa do terreno e a parte mais próxima do pilar (P1). Estas distâncias assim como a distância da divisa para com a parte mais próxima do fuste dependem de cada caso. Contudo existe estipulação mínima para estas distâncias de acordo com a NBR 6122, que dependendo do caso se devidamente comprovado pode ser inferior as prescrições, ou seja estes valores estarão em abertos para o usuário alterar se necessário, sob responsabilidade do mesmo. Onde (e) deverá estar se necessário em cm.

2º Etapa – Nesta etapa será realizado o dimensionamento da reação da base do tubo de divisa (R1), que pode ser contemplada pela Fórmula 9, quando feito o somatório de momento no ponto O, conforme Figura 13.

$$(P1*d)-R1*(d-e)=0 \quad (9)$$

Onde todos os valores exceto (R1) são conhecidos, portanto encontra-se (R1) em Kgf/cm².

3º Etapa – Esta etapa se baseia na transcrição da tensão admissível do solo, que deverá ser transformada se necessário para Kgf/cm².

4º Etapa – Nesta etapa é calculado a área da base (Ab), que pode ser encontrada pela famosa fórmula tensão é igual a força sobre a área, onde a tensão é a tensão admissível do solo transcrita pela 3º Etapa, e a força corresponde a força (R1) calculada na 2º Etapa. Onde a área da base se necessário deverá estar em cm².

5º Etapa – Nesta etapa é calculado o comprimento da base (x), disposta na Fórmula 10.

$$x = (Ab - \pi \cdot r^2) / 2r \quad (10)$$

Encontra-se assim o valor de (x) em cm se necessário.

6º Etapa – Esta etapa se baseia na verificação da prescrição da NBR 6122, onde: $r < x < 3r$. Para que o cálculo prossiga deve atender esta condição.

7º Etapa – Esta etapa se baseia no dimensionamento do diâmetro do fuste (Df), onde seu dimensionamento se dá pela Fórmula 11.

$$Df^2 = (4 \cdot R1 \cdot 1,4 \cdot n) / (0,85 \cdot \pi \cdot fck) \quad (11)$$

Onde o valor de (n) representa 1,5 ou 1,6 se o tubulão for encamisado ou não encamisado respectivamente.

Como já é conhecido todos os outros dados encontra-se o valor do (Df) em cm, e o valor do (Df) será transformado para múltiplo de 5cm a favor da segurança.

8º Etapa – Nesta etapa será dimensionada a altura (h) da base do tubulão, onde (h) é a soma da altura referente ao cilindro do rodapé com a altura referente ao tronco de cone da base, onde seu dimensionamento é caracterizada pela Fórmula 12.

$$h = [(x + 2 \cdot r - Df) / 2] \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (12)$$

Onde α já fixo pela NBR 6122 em 60° e os outros valores são conhecidos, encontra-se então a altura (h) em cm. A altura assim como no tubulão comum não pode ser superior a 200cm. Como a geometria do tubulão de divisa é diferente não será realizado o cálculo do aumento do (Df) para diminuição de (h), ou seja, se a altura for superior a 200cm, o usuário deverá reiniciar seu dimensionamento com as devidas correções. A altura também deverá ser transformada em múltiplo de 5cm a favor da segurança.

9º Etapa – Esta etapa se baseia na determinação da chamada altura do rodapé (h0), que se encontra por uma verificação simples onde se utiliza o maior dos dois valores: $h/3$ e 20cm. Deste modo a altura do rodapé nunca será inferior a 20cm, mas poderá ser superior.

10º Etapa – Para esta última etapa do dimensionamento do tubulão de divisa (tubulão 1), será realizado o dimensionamento do volume de concreto para a execução do tubulão de divisa, onde por não apresentar uma geometria uniforme será calculado pela soma de 3 volumes, o volume do fuste (Vf), o volume da base

referente ao rodapé (V_{bc}), e o volume do tronco da falsa elipse (V_{te}), representados pelas Fórmulas 13, 14 e 15 respectivamente.

$$V_f = \pi \cdot r_f^2 \cdot H_f \quad (13)$$

$$V_{bc} = A_b \cdot h_0 \quad (14)$$

$$V_{te} = 1,5 \cdot \left\{ \frac{(h-h_0) \cdot \pi}{3} \cdot (r_b^2 + r_f^2 + r_b \cdot r_f) \right\} \quad (15)$$

Para o dimensionamento do (V_{te}), utilizou-se um método de majoração de 50% em cima do cálculo do volume de um tronco de cone, tornando $1,5 \cdot (V_{tc}) = (V_{te})$.

E por fim se realiza o somatório dos 3 volumes a fim de se obter o volume total de concreto (V_{total}).

11ª Etapa - Nesta última etapa será dimensionada de forma única e simplificada o tubulão de apoio (tubulão 2), onde apenas seu volume não será calculado. Seu dimensionamento é disposto pelas Fórmulas 16,17,18,19, 20 e 21 respectivamente.

$$F = (R_1 - P_1) / 2 \quad (16)$$

$$R_2 = P_2 - F \quad (17)$$

$$D_f^2 = (4 \cdot R_2 \cdot n) / (\pi \cdot 0,85 \cdot f_{ck}) \quad (18)$$

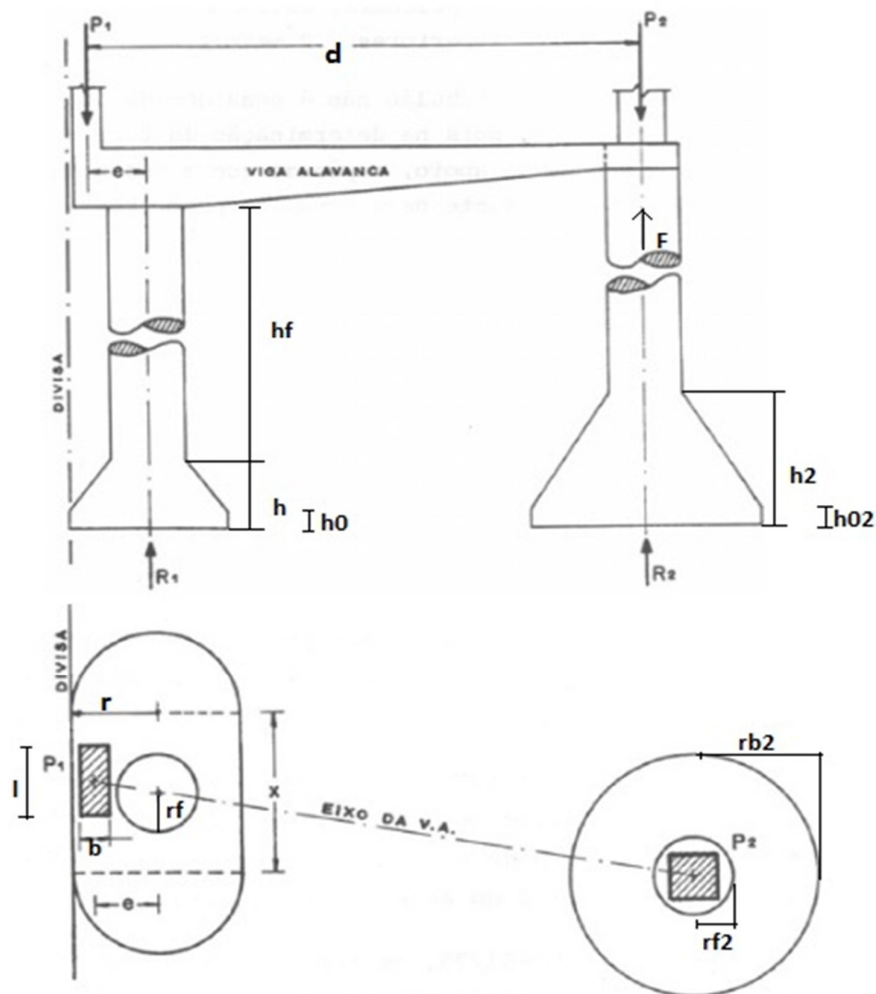
$$D_b^2 = (4 \cdot R_2) / (\pi \cdot \sigma_{adm}) \quad (19)$$

$$h_2 = [(D_b^2 - D_f^2) / 2] \cdot \text{tg } \alpha \quad (20)$$

$$h_{02} > h/3; 20\text{cm} \quad (21)$$

A partir das Fórmulas 16,17,18,19, 20 e 21 dimensiona-se o segundo tubulão, onde (n) representa 1,5 ou 1,6 para tubulão encamisado ou não encamisado respectivamente. O dimensionamento deste segundo tubulão se remete as propriedades da (σ_{adm}) do primeiro tubulão, ou seja, o segundo tubulão deverá obrigatoriamente estar apoiado na mesma cota que o primeiro tubulão, contudo deverá ser possível realizar alterações dentro do próprio dimensionamento caso a (σ_{adm}) do solo seja diferente por se tratar de cotas diferentes, mas esta alteração deverá ser realizada manualmente pelo próprio usuário.

Figura 13 – Imagem em corte e em planta do tubulão de divisa



Fonte – Modificado a partir de Antonio. F (c2016, p. 20)

4.2.4 Dimensionamento da sapata isolada

Como já demonstrado anteriormente a sapata isolada é uma fundação rasa muito comum na construção civil, e que tem como característica a resistência pela base, onde seu peso próprio estimado segundo NBR 6122/2010 deve ser levado em consideração em seu próprio dimensionamento.

Para a criação do dimensionamento é necessário a utilização de dados já transformados, e para este fim serão utilizados dados de um exercício de dimensionamento já calculado.

Onde apesar da existência de diversos perfis, este dimensionamento se limita apenas a um perfil retangular, por ser o mais comumente utilizado.

Sendo os dados preliminares para dimensionamento de uma sapata isolada:

- a) A carga (P) proveniente do pilar que chega até a sapata que será dimensionada, onde sua unidade deve estar para fins de unificar as unidades em Kgf;
- b) As seções do pilar sobre a sapata, onde (l) corresponde a maior dimensão e (b) corresponde a menor dimensão, sendo estes valores inseridos em cm;
- c) As características particulares do solo por se tratar de uma fundação rasa, sendo esta característica a existência de colápsibilidade do solo na cota de apoio da base (também existe a expansibilidade do solo, mas não será levado em conta por se tratar de um caso mais incomum e que geralmente gera um alívio na fundação, ou seja indo contra a segurança da fundação);
- d) O peso específico do solo em todas as cotas até a cota de apoio escolhida da base, para determinação prévia da tensão admissível do solo, ou a inserção da própria tensão admissível do solo (o que demonstrar ser mais eficiente);
- e) O chamado N (número de golpes), que será utilizado para o dimensionamento de todas as fundações, proveniente do ensaio (SPT) de no mínimo todas as cotas até a cota de apoio da base, também a fim de se determinar previamente a tensão admissível do solo, ou a inserção da própria tensão admissível do solo (o que demonstrar ser mais eficiente);
- f) A cota de apoio da base da sapata, sendo a cota 0 igual a superfície do terreno.

E então a partir destes dados que serão futuramente gerados pelo próprio usuário e, porém inicialmente serão utilizados dados dispostos em um exercício de dimensionamento de sapata já realizado, a fim de se verificar os resultados obtidos e assim confirmar se o programa está calculando corretamente, se da início ao dimensionamento em etapas separadas conforme seguem.

Todas as etapas de dimensionamento seguem a imagem em corte e em planta da sapata (Figura 14) disposta no final do dimensionamento e que também será anexada no programa.

1º Etapa – Neste primeiro momento se majora a carga (P) em 10%, para consideração do peso próprio da sapata segundo normativa para sapata rígida, já

que o programa não irá realizar o dimensionamento de sapata flexível em função da determinação de sua armadura.

2º Etapa - Esta etapa se baseia na transcrição da tensão admissível do solo que será calculada previamente pela aba de transformação de dados e transcrita corretamente para o dimensionamento em Kgf/cm². Onde a tensão admissível do solo deverá ser minorada de acordo com a colâpsibilidade do solo se necessário.

3º Etapa – Esta etapa se baseia na criação da primeira das duas equações necessárias para a determinação das dimensões (B) e (L) da sapata. Nesta primeira equação descobre-se a área da sapata pela fórmula já conhecida tensão é igual a força sobre a área, onde a tensão já é conhecida pela 2º Etapa e a força já majorada da 1º Etapa, após conhecido o valor da área (x cm²), monta-se a primeira equação já que a área de um retângulo é igual a multiplicação de seus dois lados tem-se a Fórmula 22.

$$B \cdot L = x \text{ cm}^2 \quad (22)$$

4º Etapa – Esta etapa consiste na criação da segunda equação necessária para se encontra os valores de (B) e (L) da sapata. Como a sapata contem seu ângulo α analiticamente igual para todos os lados podemos dizer que o lado maior da sapa menos o lado menor da sapata corresponde exatamente ao lado maior da seção do pilar menos o lado menor, e como já são conhecidos as dimensões do pilar, tem-se a Fórmula 23.

$$L - B = l - b \quad (23)$$

Portanto cria-se a segunda equação dada pela Fórmula 24.

$$L - B = y \text{ cm}^2 \quad (24)$$

5º Etapa – Nesta parte do dimensionamento se realiza a substituição da primeira equação na segunda equação ou vice versa. Em ambos os casos resulta uma equação de 2º grau, onde resolvendo-a chegam-se a 2 valores, porém um destes valores é um valor negativo e como não existe uma distância negativa tem-se o valor correto como o positivo. Então basta substituir o valor de (L) ou (B) encontrado pela equação de 2º grau em uma das duas equações para encontrar a segunda dimensão da sapata vista em planta. Assim encontram-se os valores de (L) e (B).

6º Etapa – Esta etapa consiste em apenas transformar os valores de (B) e (L) encontrados anteriormente em múltiplos de 5cm a favor da segurança é claro. Lembrando que segundo a NBR 6122/2010 estabelece um valor mínimo para a

menor dimensão, sendo para construções de até dois pavimentos este valor igual a 60cm, e 80cm para quando superior a dois pavimentos.

E para encerramento de todas as dimensões vista em planta se adota um valor de 5cm para a excentricidade (e), onde este valor pode ser adotado entre 3cm à 10cm de acordo com a NBR 6122, portanto (e) adotado corresponde à 5cm.

7º Etapa – Nesta parte se realiza o dimensionamento da altura (h) da sapata, onde para sapata rígida como trabalhado este valor (h) é o maior valor entre as Fórmulas 25 e 26.

$$h = [(B-b)/3] \quad (25)$$

$$h = [(L-l)/3] \quad (26)$$

Onde depois de encontrado o valor de (h) deve-se também arredondá-lo para múltiplo de 5cm, a favor da segurança.

8º Etapa – Neste momento dos cálculos se realiza a determinação da altura do rodapé (h₀), sendo ela o maior de dois valores, 20cm ou h/3, de modo que (h₀) nunca seja inferior a 20cm.

9º Etapa – Esta última etapa consiste no dimensionamento de volume que a sapata irá conter, onde o volume total (V_t) pode ser dividido em dois volumes preliminares, e depois somá-los. Sendo um denominado o volume da parte superior (V_s), e o segundo o volume do paralelepípedo (V_p) referente a parte do rodapé, conforme as Fórmulas 27 e 28.

$$V_s = [(h-h_0)/3] \{ B \cdot L + (b+2e) \cdot (l+2e) + [B \cdot L \cdot (b+2e) \cdot (l+2e)]^{0,5} \} \quad (27)$$

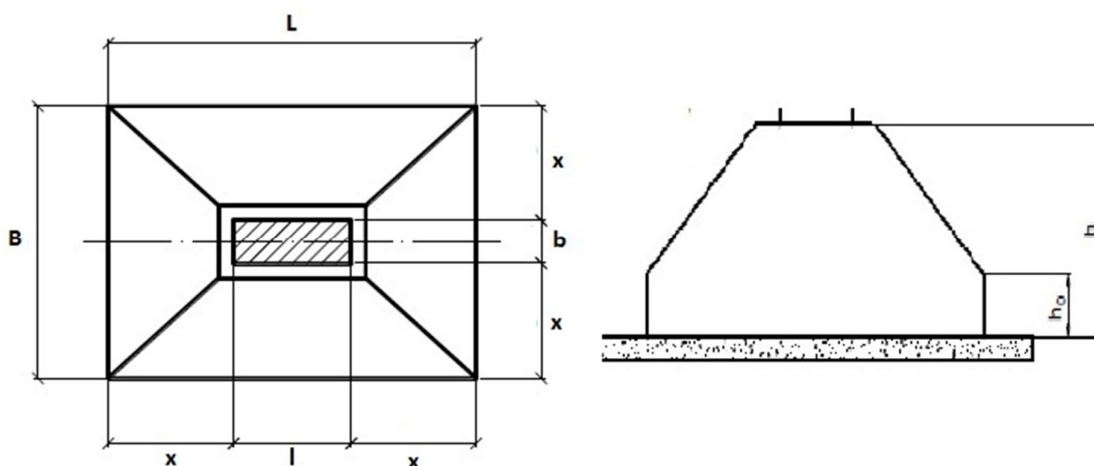
Onde (V_s) corresponde ao volume da parte superior parecido com um tronco de cone.

$$V_p = B \cdot L \cdot h_0 \quad (28)$$

E, (V_p) representa o volume da parte paralelepipedal referente ao chamado rodapé da fundação.

E então somando (V_p) e (V_s), encontra-se o volume total de concreto necessário para a sapata.

Figura 14 - Imagem em corte e em planta da sapata



Fonte – Elaborado pelo autor

4.2.5 Dimensionamento do bloco de fundação

Como já descrito anteriormente o bloco isolado é uma fundação comum, porém se remete a casos mais particulares, por depender de um valor para (α) localizado em um ábaco que se limita em poucos valores onde a resistência a tração do concreto não pode ultrapassar a 0,8Mpa. Contudo o bloco é uma fundação rasa que não depende da armação e contém uma altura relativamente alta, e que deve conter seu peso próprio em seu dimensionamento.

Para a criação do dimensionamento é necessário a utilização de dados já transformados, e para este fim serão utilizados dados de um exercício de dimensionamento já calculado.

Onde apesar da existência de outros perfis, este dimensionamento se limita apenas a um perfil retangular não escalonado, por ser o mais comumente utilizado.

Sendo os dados preliminares para dimensionamento de um bloco isolado:

- A carga (P) proveniente do pilar que chega até o bloco que será dimensionada, onde sua unidade deve estar para fins de unificar as unidades em Kgf se necessário;
- As seções do pilar sobre o bloco, onde (l) corresponde a maior dimensão e (b) corresponde a menor dimensão, sendo estes valores inseridos em cm;
- As características particulares do solo por se tratar de uma fundação rasa, sendo esta característica a existência de colapsibilidade do solo

na cota de apoio da base (também existe a expansibilidade do solo, mas não será levado em conta por se tratar de um caso mais incomum e que geralmente gera um alívio na fundação, ou seja indo contra a segurança da fundação);

- d) O peso específico do solo em todas as cotas até a cota de apoio escolhida da base, para determinação prévia da tensão admissível do solo, ou a inserção da própria tensão admissível do solo (o que demonstrar ser mais eficiente);
- e) O chamado N (número de golpes), que será utilizado para o dimensionamento de todas as fundações, proveniente do ensaio (SPT) de no mínimo todas as cotas até a cota de apoio da base, também a fim de se determinar previamente a tensão admissível do solo, ou a inserção da própria tensão admissível do solo (o que demonstrar ser mais eficiente);
- f) A cota de apoio da base do bloco, sendo a cota 0 igual a superfície do terreno.
- g) O (f_{ck}) do concreto empregado para a realização do bloco, que já deverá estar em Kgf/cm^2 se necessário.

E então a partir destes dados que serão futuramente gerados pelo próprio usuário e, porém inicialmente serão utilizados dados dispostos em um exercício de dimensionamento de bloco já realizado, a fim de se verificar os resultados obtidos e assim confirmar se o programa está calculando corretamente, se da início ao dimensionamento em etapas separadas conforme seguem.

Todas as etapas de dimensionamento seguem a imagem em corte e em planta do bloco (Figura 16) disposta no final do dimensionamento e que também será anexada no programa.

1º Etapa - Neste primeiro momento se majora a carga (P) em 15%, para consideração do peso próprio do bloco, onde este valor de 15% corresponde a um aumento de 50% em relação a consideração do peso próprio de uma sapata (valor estipulado a favor da segurança).

2º Etapa - Esta etapa se baseia na transcrição da tensão admissível do solo que será calculada previamente pela aba de transformação de dados e transcrita corretamente para o dimensionamento em Kgf/cm^2 . Onde a tensão admissível do solo deverá ser minorada de acordo com a colápsibilidade do solo se necessário.

3º Etapa - Esta etapa se baseia na criação da primeira das duas equações necessárias para a determinação das dimensões (B) e (L) do bloco. Nesta primeira equação descobre-se a área do bloco pela fórmula já conhecida tensão é igual a força sobre a área, onde a tensão já é conhecida pela 2º Etapa e a força já majorada da 1º Etapa, após conhecido o valor da área ($x \text{ cm}^2$), monta-se a primeira equação já que a área de um retângulo é igual a multiplicação de seus dois lados tem-se a Fórmula 29.

$$B \cdot L = x \text{ (em cm}^2\text{)} \quad (29)$$

4º Etapa – Esta etapa consiste na criação da segunda equação necessária para se encontra os valores de (B) e (L) do bloco. Como o bloco contem seu ângulo α analiticamente igual para todos os lados podemos dizer que o lado maior do bloco menos o lado menor do bloco corresponde exatamente ao lado maior da seção do pilar menos o lado menor, e como já são conhecidos as dimensões do pilar, tem-se a Fórmula 30.

$$L - B = l - b \quad (30)$$

Portanto cria-se a segunda equação dada pela Fórmula 31.

$$L - B = y \text{ cm}^2 \quad (31)$$

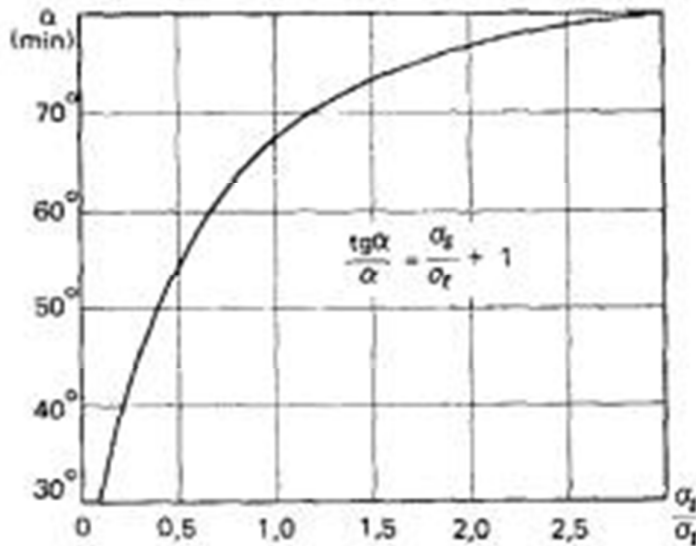
5º Etapa – Nesta parte do dimensionamento se realiza a substituição da primeira equação na segunda equação ou vice versa. Em ambos os casos resulta uma equação de 2º grau, onde resolvendo-a chegam-se a 2 valores, porém um destes valores é um valor negativo e como não existe uma distância negativa tem-se o valor correto como o positivo. Então basta substituir o valor de (L) ou (B) encontrado pela equação de 2º grau em uma das duas equações para encontrar a segunda dimensão do bloco visto em planta. Assim encontram-se os valores de (L) e (B).

6º Etapa – Esta etapa consiste em apenas transformar os valores de (B) e (L) encontrados anteriormente em múltiplos de 5cm a favor da segurança é claro. Lembrando que segundo a NBR 6122/2010 estabelece um valor mínimo para a menor dimensão, sendo para construções de até dois pavimento este valor igual a 60cm, e 80cm para quando superior a dois pavimentos.

7º Etapa – Esta etapa dependerá do usuário, que baseado na tensão admissível do solo e na resistência característica do concreto à tração (f_{ct}), que deverá também ser calculado por esta etapa, baseado no ábaco disposto Figura 15

deverá inserir o valor de (α) correspondente. Onde o valor de (fct) não pode ser superior a 0,8Mpa.

Figura 15 – Ábaco



Fonte – Apostila de fundações – Soldati (2016)

Sabendo o valor da tensão admissível do solo, e calculando o valor de (fct) pela Fórmula 32, tem-se então o valor de (α) inserido pelo usuário, e consequentemente.

$$fct = fck/25 \quad (32)$$

Onde o valor mínimo de (α) corresponde á 60° (valor estipulado pelo próprio autor a fim de se minimizar questões problemáticas).

8º Etapa – Nesta etapa é realizado o dimensionamento da altura (h) do bloco, onde o valor correto correspondente a (h) se encontra pelo maior valos dentre as Fórmulas 33 e 34.

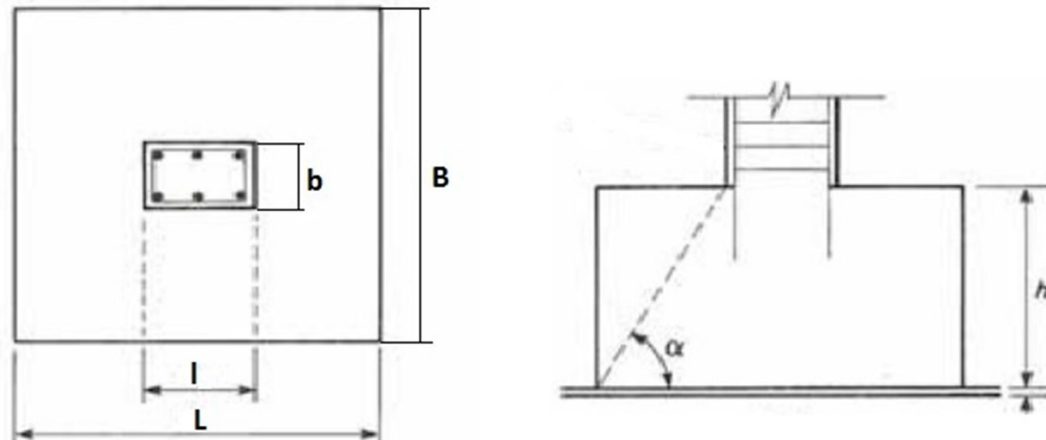
$$h \geq (L-l)/2 \quad (33)$$

$$h \geq (B-b)/2 \quad (34)$$

Onde (B) representa o menor lado do bloco visto em planta e (L) o maior, assim como (b) representa o menor lado do pilar ligado ao bloco e (l) o maior. Encontra-se assim o valor de (h) correto.

9º Etapa – Esta etapa consiste no cálculo do volume de concreto que será utilizado no bloco isolado, onde seu volume é encontrado pela multiplicação de (B) por (L) por (h), por se tratar de um paralelepípedo.

Figura 16 – Imagem em corte e em planta do bloco



Fonte – Apostila de fundações – Soldati (2016)

4.2.6 Dimensionamento da inserção e transformação de dados

O dimensionamento da inserção e transformação de dados será feito em uma única aba, onde ao transferir os dados inseridos para os dimensionamentos, tais dados serão transformados para as unidades que serão trabalhadas no dimensionamento, ou seja, a célula onde os dados de exercícios já calculados foram inseridos será substituída pelas fórmulas de transformação de dados. Assim sendo não haverá a necessidade da criação de uma aba exclusiva para transformação de dados.

A aba exclusiva para o dimensionamento da inserção e transformação de dados será realizada de modo a construir com o usuário uma dinâmica aceitável. Logo o usuário não deverá ter nenhuma dificuldade em inserir os dados corretos, além de o usuário ter acesso ao manual de uso simplificado.

No que se refere ao cálculo da tensão admissível do solo, tal valor deverá ser inserido diretamente pelo usuário, pois como existem diferentes métodos para o dimensionamento da tensão admissível solo, cabe ao usuário escolher o melhor método para seu dimensionamento, diminuindo assim a limitação do programa aqui proposto. A inserção direta da tensão admissível do solo também diminuirá a quantidade de informação necessária para realizar os dimensionamentos consideravelmente, ou seja, o usuário irá inserir bem menos valores.

Onde as unidades deverão ser inseridas em metros (m) para distâncias, em (Mpa) para tensões e em (Kgf) para carregamentos em todos os dimensionamentos.

5 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados, ou seja, a partir do dimensionamento feito para todas as fundações, será demonstrado o resultado quando aplicado o dimensionamento diretamente no Excel para cada etapa de todas as fundações.

São cores utilizadas em todas as etapas do programa para os valores apenas com o intuito de separar dados descritos a seguir:

- a) A cor vermelha utilizada em dados provindos da inserção de dados.
- b) A cor azul utilizado em dados fixos, ou seja dados já pré-estabelecidos que não mudarão, sendo eles dados realmente utilizados ou não, dependendo da etapa, podendo estes dados entrar diretamente nas fórmulas ou indiretamente como um fator comparativo para a aplicação da condição.
- c) A cor preta é utilizada em todo o restante, incluindo a simbologia utilizada para descrever o valor.

Nas etapas de dimensionamento e pré-dimensionamento, ou seja, todas as etapas onde será realizado cálculo não contarão com as unidades trabalhadas, uma vez que todas elas se encontram ou serão transformados para a unidade desejada. Desta forma os resultados parciais não conterão suas unidades, porém são facilmente deduzidas pelo usuário se necessário já que os dimensionamentos são realizados em um único tipo de unidade (cm, Kgf, Kgf/cm²...). As únicas etapas que terão as unidades demonstradas para cada valor são as etapas de inserção de dados e demonstração de resultados. Desta maneira o programa segue uma lógica executiva onde o usuário só terá acesso as unidades nas partes do programa onde irá trabalhar, pois não cabe ao usuário compreender a lógica assim como as unidades trabalhadas nos cálculos; basta ao usuário saber em qual unidade ele deve inserir os dados assim como as unidades do resultado de seu dimensionamento. Uma vez que o usuário sinta a necessidade da compreensão das unidades trabalhadas nos cálculos cabe a ele descobrir a unidade que está sendo trabalhada, pois baseado nos dados que ele mesmo inseriu é possível saber os valores das unidades trabalhadas sem muito esforço.

5.1 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO TUBULÃO COMUM

O dimensionamento do tubulão comum no Excel teve um ótimo resultado como será detalhado a seguir.

Suprindo um dos objetivos deste trabalho no que se refere a demonstração dos resultados parciais, o resultado também foi bem sucedido.

A apresentação de resultados irá seguir rigorosamente as etapas dos dimensionamentos descritas anteriormente, onde para cada etapa do dimensionamento será feita uma etapa correspondente para a demonstração de resultados.

Antecedendo a 1ª Etapa, será demonstrado a seguir o enquadramento dos dados preliminares para o tubulão comum no Excel (Tabela 2), dados estes provindos de um exercício já previamente resolvido, que serão substituídos pelos dados que serão inseridos pelo usuário.

Tabela 2 - Enquadramento dos dados preliminares para o tubulão comum

DADOS PRELIMINARES			
Carga (P) (P) do Pilar	Fck do concreto Fck da fundação	Cota de apoio da base	Encamisado? Sim=1 Não=2
825000	200	2100	2

Fonte – Elaborado pelo autor

Em um primeiro momento os dados preliminares provindos da inserção de dados são estes apresentados na Tabela 2, contudo estes não são todos os dados preliminares, posteriormente no dimensionamento terá a inserção de mais um dado preliminar, a chamada tensão admissível do solo, que será inserida quando for solicitado de acordo com as etapas prescritas no dimensionamento.

São os quatro dados demonstrados na Tabela 2 localizados nas seguintes células (é necessário saber a localização de suas células para compreender as fórmulas que serão demonstradas no dimensionamento, já que a utilização da célula correspondente no Excel equivale ao valor inserido na célula):

A carga do pilar (P) equivalente ao valor 825000 está na célula C6. Já o valor do (Fck) se encontra obviamente na célula D6, o valor da cota de apoio da base na célula E6, e a resposta a pergunta se o tubulão é encamisado ou não na célula F6.

Onde estes valores já foram devidamente transformados para as unidades que serão trabalhadas nas fórmulas.

Resultado correspondente as etapas do dimensionamento:

1º Etapa – A majoração da carga (P) em 40% (Tabela 3).

Tabela 3 – Majoração da carga (P) em 40%

Majorando carga (P) $1,4 * P$	1155000
-------------------------------	---------

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde a fórmula utilizada na célula E8 (Fórmula 35) correspondente ao valor 1155000, lembrando que a carga proveniente da inserção de dados localiza-se na célula C6.

$$=1,4 * C6 \quad (35)$$

2º Etapa – A minoração do (fck) para (fck'') (Tabela 4).

Tabela 4 – Minoração do (fck) para (fck'')

Encamisado 1,5	Não encamisado 1,6
Utilizado	1,6
Fck' 125	
Fck'' 106,25	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor utilizado de 1,6 para encontrar o (fck') se dá pela Fórmula 36, lembrando que a resposta para a pergunta sobre encamisamento se localiza na célula F6, e o valor de 1,5 e 1,6 em azul correspondem respectivamente às células D9 e F9.

$$=SE(F6=1;D9;F9) \quad (36)$$

E os valores de (fck') localizado na célula D11, e o (fck'') localizado na célula D12, se encontram respectivamente pelas Fórmulas 37 e 38.

$$=D6/D10 \quad (37)$$

$$=D11 * 0,85 \quad (38)$$

Onde a carga (P) majorada da 1º Etapa e o (fck'') minorado nesta etapa, foram transcritos para facilitar respectivamente nas células D15 e D16, logo serão utilizadas estas células quando necessário entrar com os valores correspondentes a elas.

3º Etapa – A determinação do diâmetro do fuste (Df) preliminar (Tabela 5), será em várias etapas de cálculo.

Tabela 5 – Determinação do diâmetro do fuste (Df) preliminar

Dimensionamento preliminar do Df		
Área (Af)	10870,58824	
(rf ²)	3460,216424	Pi=3,141592
Raio (rf)	58,82360431	
(Df) teórico	117,6472086	120
(Df) real	120	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores correspondentes á área do fuste (Af), raio do fuste ao quadrado (rf²), o raio do fuste (rf), o diâmetro do fuste sem ser múltiplo de 5 (Df teórico), o valor de 120 ao lado do valor do diâmetro do fuste teórico, e o diâmetro do fuste preliminar final (Df real) correspondem respectivamente às células D19, D20, D21, D22, E22, D23. E ainda respectivamente a ordem contém seus valores representados pelas Fórmulas 39, 40, 41, 42, 43 e 44.

$$=D15/D16 \quad (39)$$

$$=D19/3,141592 \quad (40)$$

$$=RAIZ(D20) \quad (41)$$

$$=2*D21 \quad (42)$$

$$=MARRED(D22;5) \quad (43)$$

$$=SE(E22>=D22;E22;(E22+5)) \quad (44)$$

Como se pode observar nas Fórmulas 15, 16, 17, 18, 19 e 20, o valor da primeira Fórmula se encaixa na segunda que se encaixa na terceira e assim por diante, gerando o resultado final almejado.

4º Etapa – A transcrição da tensão admissível do solo (Tabela 6) foi locada na célula D31, onde já foi calculado anteriormente em sua devida guia e apenas transcrito seu valor.

Tabela 6 – Transcrição da tensão admissível do solo

$\sigma_{adm} =$	2,4
------------------	-----

Fonte – Elaborado pelo autor

5º Etapa – Nesta etapa foi realizado o cálculo do diâmetro da base final (Db) (Tabela 7).

Tabela 7 – Cálculo do diâmetro da base final (Db)

Dimensionamento real do Db		
Área (Ab)	481250	
(rb ²)	153186,6646	Pi=3,141592
Raio rb	391,3906803	
Db teórico	782,7813605	785
Db real	785	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores correspondentes à área da base (Ab), raio da base ao quadrado (rb²), raio da base (rb), diâmetro da base sem ser múltiplo de 5(Db teórico), valor de 785 ao lado do (Db teórico), e o diâmetro da base real (Db real), se localizam respectivamente nas células D34, D35, D36, D37, E37, D38. E ainda respectivamente a ordem contém seus valores representados pelas Fórmulas 45, 46, 47, 48, 49 e 50.

$$=D15/D31 \quad (45)$$

$$=D34/3,141592 \quad (46)$$

$$=RAIZ(D35) \quad (47)$$

$$=2*D36 \quad (48)$$

$$=MARRED(D37;5) \quad (49)$$

$$=SE(E37>=D37;E37;(E37+5)) \quad (50)$$

Desta forma se pode encontrar o valor correspondente ao diâmetro da base (Db) almejado. Pode-se perceber que as fórmulas acima vão se encaixando uma na outra a fim de gerar o resultado final desta etapa.

6º Etapa – Nesta etapa será realizado o dimensionamento da altura da base do tubulão (h) (Tabela 8), dividida em partes.

Tabela 8 – Dimensionamento da altura da base do tubulão (h)

Dimensionamento da altura (h)		
Tg α	1,732049936	Pi=3,141592
(h) teórico	575,9066038	575
(h) real	580	
(hmáx)	200	

Fonte – Elaborado pelo autor

Como podemos ver na Tabela 8 o valor da altura máxima estipulada por norma é de 200cm, porém o valor gerado pelo dimensionamento do valor de (h) real é de 580cm, o que significa que para estes valores já pré-calculados será necessário realizar uma diminuição da altura, conseqüentemente gerando um aumento no diâmetro do fuste (Df) na próxima etapa.

No que diz respeito ao dimensionamento do (h real), tem-se os valores da tangente de α (tg α), a altura da base sem ser múltiplo de 5cm (h teórico), o valor de 575 ao lado do valor do (h teórico), e o valor real da altura da base (h real), que correspondem respectivamente às células D41, D42, E42 e D43, onde o dado fixo (hmáx) corresponde à célula D44. E ainda respectivamente a ordem contém seus valores representados pelas Fórmulas 51, 52, 53 e 54.

$$=\text{TAN}((60*3,141592)/180) \quad (51)$$

$$=((D38-D23)/2)*D41 \quad (52)$$

$$=\text{MARRED}(D42;5) \quad (53)$$

$$=\text{SE}(E42>=D42;E42;(E42+5)) \quad (54)$$

As fórmulas acima como pode-se perceber, vão se encaixando uma na outra a fim de gerar o resultado final da altura da base, que por sua vez é maior que o permitido pela NBR 6122, gerando a necessidade como já descrito no dimensionamento da diminuição da altura com o aumento do diâmetro do fuste que será representado na próxima etapa.

7º Etapa – nesta etapa será realizado a diminuição da altura da base (h) com o aumento do diâmetro do fuste (Df) (Tabela 9), além do dimensionamento da altura do rodapé (h0) (Tabela 10).

Tabela 9 – Diminuição da altura (h) com o aumento do diâmetro do fuste (Df)

Aumento Df se necessário		
Df teórico	554,0597761	555
Df real	555	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores do diâmetro do fuste sem ser múltiplo de 5cm (Df teórico), o valor de 555cm ao lado do (Df teórico), e o valor do diâmetro do fuste real (Df real) estão localizados respectivamente nas células D47, E47 e D48. E ainda respectivamente a ordem contém seus valores representados pelas Fórmulas 55, 56 e 57.

$$=(D38-((D44/D41)*2)) \quad (55)$$

$$=MARRED(D47;5) \quad (56)$$

$$=SE(E47>=D47;E47;(E47+5)) \quad (57)$$

As Fórmulas 31,32 e 33 se encaixam uma na outra respectivamente, gerando o resultado final do diâmetro do fuste (Df), fixando a altura (h) em 200cm, sendo este valor o mínimo previsto na normativa.

Tabela 10 – Dimensionamento da altura do rodapé (h0) 1

Resultados reais utilizados		
Db	785	
Df	555	
h	200	h/3 = 66,66666667
h0	66,66666667	h0 mín = 20

Fonte – Elaborado pelo autor

Como se pode ver, a Tabela 10 não só calcula o valor da altura do rodapé (h0), como também transcreve os resultados até então, a fim de realizar a próxima etapa com maior facilidade.

O valor do diâmetro da base (Db), o valor do diâmetro do fuste (Df), o valor da altura da base (h), o valor de h/3, assim como o valor fixo da altura do rodapé mínimo (h0 mín), e a altura do rodapé da base (h0), correspondem respectivamente às células D51, D52, D53, F53, F54, D54, onde o valor de (Df) assim como o valor de (h) ao contrario do valor do (Db) irão precisar de uma condição para entrar na fórmula já que estes dois valores podem variar em função da altura máxima como se

pode observar a seguir representando respectivamente as Fórmulas 58, 59, 60, 61 e 62, para cada valor.

$$=D38 \quad (58)$$

$$=SE(D44>=D43;D23;D48) \quad (59)$$

$$=SE(D44>=D43;D43;D44) \quad (60)$$

$$=D53/3 \quad (61)$$

Como a altura mínima do rodapé (h_0 mín) é um valor fixo não contem fórmula apenas o número 20.

$$=SE(F53>=F54;F53;F54) \quad (62)$$

8º Etapa – Nesta etapa será realizado o dimensionamento do volume de concreto total (V_{total}) (Tabela 11).

Tabela 11 – Dimensionamento do volume de concreto total (V_{total}) 1

Cálculo do volume de concreto total V_{total}		
Vtc	47470327,78	
Vcilindro	32265489,65	Pi=3,141592
Vfuste	459652216	hfuste= 1900
Vtotal	539388033,4	

Fonte – Elaborado pelo autor

Como se pode observar na Tabela 11, o cálculo do volume de concreto foi dividido em três volumes, o volume da parte do tronco de cone (V_{tc}), o volume do cilindro correspondente ao rodapé ($V_{cilindro}$) e o volume de concreto no fuste (V_{fuste}), onde somando os três valores encontra-se o volume total de concreto (V_{total}), onde estes valores correspondem respectivamente às células D57, D58, D59, D60, e o valor da altura do fuste ($hfuste$) corresponde a célula F59.

E ainda respectivamente a ordem contém seus valores representados pelas Fórmulas 63, 64, 65 e 66.

$$=(3,141592*(D53-D54)/3)*(((D51/2)^2)+((D52/2)^2)+((D52/2)*(D51/2))) \quad (63)$$

$$=D54*3,141595*((D51/2)^2) \quad (64)$$

$$=F59*3,141592*((D52/2)^2) \quad (65)$$

$$=D59+D58+D57 \quad (66)$$

Onde a altura do fuste ($hfuste$) utilizado para o dimensionamento do volume do fuste (V_{fuste}) corresponde a Fórmula 67.

$$=E6-D53 \quad (67)$$

Deste modo seguindo todas as etapas de dimensionamento previstas, o programa apresentou um ótimo resultado atendendo todos os requisitos necessários para o dimensionamento de um tubulão comum com êxito, e apresentando um dimensionamento completo com exceção da armadura correspondente.

5.2 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS

O dimensionamento de estacas no Excel teve um ótimo resultado como será detalhado a seguir.

Suprindo um dos objetivos deste trabalho no que se refere a demonstração dos resultados parciais, o resultado também foi bem sucedido.

A apresentação de resultados irá seguir rigorosamente as etapas dos dimensionamentos descritas anteriormente, onde para cada etapa do dimensionamento será feita uma etapa correspondente para a demonstração de resultados.

Antecedendo a 1^o Etapa, será demonstrado a seguir o enquadramento dos dados preliminares para a estaca no Excel (Tabela 12), dados estes provindos de um exercício já previamente resolvido, que serão substituídos pelos dados que serão inseridos pelo usuário.

Tabela 12 – Enquadramento dos dados preliminares para estaca no Excel

Dados preliminares		
Diâmetro (De)	Carga At. (P)	Cota de apoio da base (z)
0,26	35	20

Fonte – Elaborado pelo autor

Em um primeiro momento os dados preliminares provindos da inserção de dados são estes apresentados na Tabela 12, contudo estes não são todos os dados preliminares, posteriormente no dimensionamento terá a inserção de mais dados preliminar, o numero de golpes referente a base da estaca (N_p) e os coeficientes (K), (F_1), (F_2), e (α), que serão inserida quando forem solicitados de acordo com as etapas prescritas no dimensionamento.

São os três dados demonstrados na Tabela 12 localizados nas seguintes células (é necessário saber a localização de suas células para compreender as fórmulas que serão demonstradas no dimensionamento, já que a utilização da célula correspondente no Excel equivale ao valor inserido na célula):

O valor do (De) que corresponde á 0,26m, o valor da carga atuante (P) de 35Tf e o valor de 20m referente a cota de apoio da base se localizam respectivamente nas células C7, D7 e E7.

Resultado correspondente as etapas do dimensionamento:

1º Etapa – Dimensionamento da área de ponta (Ap) (Tabela 13).

Tabela 13 - Dimensionamento da área de ponta (Ap)

Cálculo de (Ap)	
Raio (R)	0,13 $\text{Pi} = 3,141592$
Área (Ap)	0,0530929

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor do raio (R) e o valor da área de ponta (Ap) se localizam respectivamente nas células D11 e D12, e são caracterizados pelas Fórmulas 68 e 69 ainda respectivamente.

$$=C7/2 \quad (68)$$

$$=(D11^2)*3,141592 \quad (69)$$

Antecedendo a 2º Etapa é necessário realizar a Transcrição de (Np), (K), (F1), (F2) e (α) conforme Tabela 14, onde este dados serão inseridos pelo usuário a partir das tabelas que serão disposta no programa segundo Cintra e Albiero (1995) para o método de Aoki-Velloso. Pode-se perceber que as fórmulas se encaixam uma na outra a fim de se obter o resultado final almejado (Ap).

Tabela 14 – Transcrição de (Np), (K), (F1), (F2) e (α)

Transcrição de (Np)	
(Np)	26

Transcrição dos coeficientes tabelados	
(K)	0,33
(F1)	1,75
(α)	0,03
(F2)	3,5

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (Np) se localiza na célula D15, e os valores de (K), (F1), (F2) e (α) se localizam respectivamente nas células D18, D19, D20 e D21.

2º Etapa – Cálculo da resistência de ponta (Rp) encontra-se na Tabela 15.

Tabela 15 – Cálculo da resistência de ponta (Rp)

Cálculo de (Rp)	
(Rp) preliminar	0,2603069
(Rp) final	26,030693

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (Rp) preliminar e o valor de (Rp) final se localizam respectivamente nas células D24 e D25, e contém em suas células as Fórmulas 70 e 71 respectivamente.

$$=((D18*D15)/D19)*D12 \quad (70)$$

$$=D24*100 \quad (71)$$

Pode-se perceber que um valor se encaixa no outro a fim de se obter o resultado final.

3º Etapa – Cálculo do perímetro da estaca (U) encontra-se na Tabela 16

Tabela 16 – Cálculo do perímetro da estaca (U)

Cálculo do perímetro (U)		PI = 3,141592
(U)	0,8168139	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (U) se localiza na célula D28 e é representada pela Fórmula 72.

$$=2*3,141592*D11 \quad (72)$$

4º Etapa – Nesta etapa é realizado o cálculo da resistência por atrito lateral (RI), como demonstrado na Tabela 17.

Tabela 17 – Resistência por atrito lateral (RI)

Cálculo de (RI)	
(x)	0,0028286
$\sum (NI)*(\Delta I)$	224
(U)*(x)	0,0023104
(RI) preliminar	0,5175333
(RI) final	51,75333

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores correspondentes a (x), $\sum (NI)*(\Delta I)$, (U)*(x), (RI) preliminar e (RI) final se localizam respectivamente nas células D31, D32, D33, D34 e D35.

O valor da $\sum (NI)*(\Delta I)$ se baseará na inserção de dados, ou seja, o usuário irá inserir o valor representado por 224. Contrapartida os outros quatro valores são representados pelas Fórmulas 73, 74, 75 e 76 respectivamente a ordem da tabela, com exceção óbvia do valor de 224.

$$=(D20*D18)/D21 \quad (73)$$

$$=D28*D31 \quad (74)$$

$$=D33*D32 \quad (75)$$

$$=D34*100 \quad (76)$$

Pode-se observar que os valores vão se encaixando um no outro a fim de se gerar o resultado final almejado.

5º Etapa – Nesta etapa é calculada a carga admissível na estaca (P_{adm}) conforme Tabela 18.

Tabela 18 – Cálculo da carga admissível na estaca (P_{adm})

Cálculo de (P _{adm})	
(P _{adm})	34,553563

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (P_{adm}) é localizado na célula D38, e é calculado pela Fórmula 77.

$$=(D25/3)+(D35/2) \quad (77)$$

6º Etapa – Nesta etapa é realizada uma operação comparativa Tabela 19, que tem como objetivo a verificação das cargas, onde (P_{adm}) >= (P) obrigatoriamente.

Tabela 19 – Operação comparativa

Pergunta:	O (De) e a cota de apoio estipulada (z) é suficiente para descarregar a carga atuante?
Resposta:	Não, favor aumentar o comprimento ou o diâmetro da estaca, seguindo a norma

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde a pergunta empregada é localizada na célula mesclada C44 e não possui formulações, apenas a própria pergunta em formato de texto. Já a resposta para a pergunta (Não, favor aumentar o comprimento ou o diâmetro da estaca, seguindo a norma) se localiza na célula mesclada C45, e contem sua formulação gerando sua resposta em texto conforme Fórmula 78.

$$=SE(D38>=D7;"Sim";"Não, favor aumentar o comprimento ou o diâmetro da estaca, seguindo a norma") \quad (78)$$

As considerações que geram resultado por escrito serão utilizada na parte de apresentação de resultados, e geralmente serão montadas em sua devida aba, esta verificação foi realizada diretamente na aba de dimensionamento, ou seja, não haverá a necessidade de realiza-la novamente.

7º Etapa – Cálculo do volume de concreto (V), conforme Tabela 20.

Tabela 20 – Cálculo do volume de concreto (V) 1

Cálculo do volume (V)	
Volume (V)	1,0618581

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor do volume de concreto (V) se localiza na célula D41, e é representado pela Fórmula 79.

$$=D12*E7 \quad (79)$$

5.3 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO TUBULÃO DE DIVISA

O dimensionamento do tubulão de divisa no Excel teve um ótimo resultado como será detalhado a seguir.

Suprindo um dos objetivos deste trabalho no que se refere a demonstração dos resultados parciais, o resultado também foi bem sucedido.

A apresentação de resultados irá seguir rigorosamente as etapas dos dimensionamentos descritas anteriormente, onde para cada etapa do dimensionamento será feito uma etapa correspondente para a demonstração de resultados.

Antecedendo a 1º Etapa, será demonstrado a seguir o enquadramento dos dados preliminares para o tubulão de divisa no Excel (Tabela 21), dados estes provindos de um exercício já previamente resolvido, que serão substituídos pelos dados que serão inseridos pelo usuário.

Tabela 21 – Enquadramento dos dados preliminares para o tubulão de divisa no Excel

DADOS PRELIMINARES						
Carga (P1) (P1) do pilar	Carga (P2) (P2) do pilar	Seções do pilar (P1)		Distância (d) Entre pilares	Raio (r) Falsa elipse	(FCK) do concreto (FCK) do tubulão
(l) planta	(b) corte					
360000	300000	130	60	600	73	200

Fonte – Elaborado pelo autor

Em um primeiro momento os dados preliminares provindos da inserção de dados são estes apresentados na Tabela 21, contudo estes não são todos os dados preliminares, posteriormente no dimensionamento terá a inserção de mais dados preliminar, a tensão admissível do solo, a resposta para a pergunta se o tubulão é encamisado ou não e a cota de apoio da base (CB), que será inserida quando forem solicitados de acordo com as etapas prescritas no dimensionamento.

São os dados demonstrados na Tabela 21 localizados nas seguintes células (é necessário saber a localização de suas células para compreender as fórmulas que serão demonstradas no dimensionamento, já que a utilização da célula correspondente no Excel equivale ao valor inserido na célula):

O valor da carga proveniente do pilar 1, assim como o valor da carga proveniente do pilar 2, as seções (l) e (b) do pilar, a distância entre os eixos dos

pilares (d), o raio da falsa elipse (r) e o (fck) do concreto que será utilizado correspondem respectivamente as células C6, D6, E6, F6, G6, H6 e I6.

Ainda antecedendo a primeira etapa, é necessária a utilização de alguns dados que serão fixos, onde os mesmo já contem estipulação mínima segundo NBR 6122. Contudo se realizado o estudo adequado pode-se diminuir estes valores mínimos, entretanto é necessária a aprovação destes valores. Onde estes valores correspondem as distâncias das partes do tubulão para com a divisa, sendo a distância da parte mais próxima do pilar para com a divisa, a distância da parte mais próxima do fuste do tubulão de divisa para com a divisa e a distância mais próxima da base do tubulão de divisa para com a divisa, onde estes valores são representados pela Tabela 22.

Tabela 22 – Distância fixas para com a divisa

Distâncias fixas para a divisa entre:			Onde se considera esta distância entre a linha da divisa do terreno e a parte mais próxima de cada item.
(P1) e a divisa 2	Fuste e a divisa 50	Base e a divisa 0	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde para este caso, utilizou-se a aprovação de uma distância 0 da divisa e a base do tubulão, distância essa inferior a mínima estipulada pela NBR 6122, mas com sua devida aprovação. Os outros valores são os mínimos estipulados por norma e correspondem respectivamente a sequencia da Tabela 22 nas células C11, D11 e E11.

Resultado correspondente as etapas do dimensionamento:

1º Etapa – Cálculo da excentricidade (e) está disposto na Tabela 23.

Tabela 23 – Cálculo da excentricidade (e)

Cálculo da excentricidade (e)	
(e) =	41

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (e) localiza-se na célula D14 e é representado pela Fórmula 80.

$$=H6+E11-C11-(F6/2) \quad (80)$$

2º Etapa – Cálculo da reação da base do tubulão de divisa (R1) demonstrado na Tabela 24, e representado pela Fórmula 81.

Tabela 24 – Cálculo da reação da base do tubulão de divisa (R1)

Cálculo da reação (R1)	
(R1) =	386404,2934

Fonte – Elaborado pelo autor

$$=(C6*G6)/(G6-D14) \quad (81)$$

Onde o valor correspondente a (R1) se localiza na célula G14, e é calculado pelo somatório de momento no ponto O.

3º Etapa – Transcrição da tensão admissível do solo (σ_{adm}) demonstrada pela Tabela 25, onde seu valor se localiza na célula D17.

Tabela 25 – Transcrição da (σ_{adm})

Trancrição da σ_{adm}	
σ_{adm} =	9,42

Fonte – Elaborado pelo autor

4º Etapa – Dimensionamento da área da base (A_b) contemplado pela Tabela 26.

Tabela 26 – Dimensionamento da área da base (A_b)

Área da base alargada (Ab)	
(Ab) =	41019,56405

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (A_b) se localiza na célula G17 e corresponde a fórmula 82.

$$=G14/D17 \quad (82)$$

5º Etapa – Cálculo do comprimento da base (x) disposta na Tabela 27, e calculado pela Fórmula 83. Onde o valor de (x) se localiza na célula D20.

Tabela 27 – Cálculo do comprimento da base (x)

Cálculo de (x)		Pi = 3,141592
(x) =	166,2878102	

Fonte – Elaborado pelo autor

$$=(G17-((H6^2)*3,141592))/(2*H6) \quad (83)$$

6º Etapa – Verificação de dados para $(r < x < 3r)$, para cumprimento da NBR 6122, disposta na Tabela 28. Onde os valores da resposta para a verificação se localizam nas células D23 e D24.

Tabela 28 – Verificação de dados

Equadramento de (x) para norma		Onde ambos devem estar simbolizados por "OK".
Onde: $r < (x)$	OK	
Onde: $(3r) > (x)$	OK	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores gerados para este dimensionamento seguem as Fórmulas 84 e 85 respectivamente.

$$=SE(D20>H6;"OK";"Não") \quad (84)$$

$$=SE(D20<(3*H6);"OK";"Não") \quad (85)$$

Antecedendo a 7º Etapa é necessário saber se os dois tubulões a serem calculados serão encamisados ou não, e para esta situação tem-se a Tabela 29.

Tabela 29 – Tubulões encamisados ou não

Tubulões Encamisados?	
1=Sim 2=Não	1
Encamisado	1,5
Não encamisado	1,6
Utilizado	1,5

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o primeiro valor se baseia na inserção de dados, o segundo e terceiro valores são valores fixos e o ultimo valor se obtém pela fórmula 86. Onde os quadro valores se localizam respectivamente a ordem da Tabela 29 nas células D27, D28, D29 e D30.

$$=SE(D27=1;D28;D29) \quad (86)$$

7º Etapa – Dimensionamento do diâmetro do fuste (Df) que corresponde a Tabela 30, e as Fórmulas 87 para $(Df)^2$, 88 para (Df) teórico, 89 para o valor de 80 ao lado do valor de (Df) teórico e 90 para (Df) real. E respectivamente a esta ordem se localizam nas células G28, G29, H29 e G30.

Tabela 30 – Dimensionamento do diâmetro do fuste (Df)

Dimensionamento do (Df)		
(Df) ² =	6077,465828	Pi = 3,141592
(Df) teórico=	77,95810303	80
(Df) real=	80	

Fonte – Elaborado pelo autor

$$=(4*1,4*G14*D30)/(0,85*3,141592*16) \quad (87)$$

$$=RAIZ(G28) \quad (88)$$

$$=MARRED(G29;5) \quad (89)$$

$$=SE(H29>G29;H29;(H29+5)) \quad (90)$$

8º Etapa – Dimensionamento da altura da base (h), que corresponde a Tabela 31.

Tabela 31 – Dimensionamento da altura da base (h)

Dimensionamento da altura (h)		
Tg α =	1,732049936	Pi = 3,141592
(h) =	201,1670434	
(h máx) =	200	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores de (tg α), (h) e (h máx) corresponder respectivamente as células D33, D34 e D35, e são calculados respectivamente pelas Fórmulas 91 e 92, pois o valor de (h máx) é fixo, ou seja, não contem fórmula.

$$=TAN((60*3,141592)/180) \quad (91)$$

$$=((D20+(2*H6)-G30)/2)*D33 \quad (92)$$

9º Etapa - Determinação da altura do rodapé (h0), que corresponde a Tabela 32.

Tabela 32 – Determinação da altura do rodapé (h0) 2

Cálculo de (h0)		
h/3 =	67,05568113	20
(h0) =	67,05568113	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (h/3), e o valor de (h0) correspondem respectivamente as células D42 e D43, e respectivamente as Fórmulas 93 e 94.

$$=H42/3 \quad (93)$$

$$=SE(D42>E42;D42;E42) \quad (94)$$

10º Etapa – Cálculo do volume de concreto (Vtotal), que corresponde a Tabela 33, onde antes de realiza-lo é necessário saber a localização da cota de apoio da base (CB) que se baseia na inserção de dados, localizado na célula mesclada G47.

Tabela 33 – Cálculo do volume de concreto (Vtotal)

Cálculo do volume de concreto em partes		
(Vf)	10047228,2	$\pi = 3,141592$
(Vbc)	2750594,807	
(Db)	228,5338967	
(Rb)	114,2669483	
(Vte)	4050519,641	
Vtotal	16848342,65	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores de (Vf), (Vbc), (Db), (Rb), (Vte) e (Vtotal) se localizam respectivamente nas células D47, D48, D49, D50, D51 e D52, e são calculados pelas Fórmulas 95, 96, 97, 98, 99 e 100 respectivamente.

$$=((H39/2)^2)*3,141592*(G47-H42) \quad (95)$$

$$=H43*H41 \quad (96)$$

$$=RAIZ((H41^4)/3,141592) \quad (97)$$

$$=D49/2 \quad (98)$$

$$=(((H42-H43)*3,141592)/3)*((D50^2)+((H39/2)^2)+(D50*(H39/2)))*1,5 \quad (99)$$

$$=D47+D48+D51 \quad (100)$$

11º Etapa – Dimensionamento simplificado do tubulão de apoio, que corresponde a Tabela 34.

Tabela 34 – Dimensionamento simplificado do tubulão de apoio

Dimensionamento do tubulão de apoio (2º tubulão)				
Força de alívio (F)	13202,14669		Altura (h2)	121,2434955
Reação (R2)	286797,8533		Aumento no (Df2) se necessário	
(Df2) teórico	56,76285375	55	(Df2) teórico	-30,94022387
(Df2) real	60		(Df2) utilizado	60
(Db2) teórico	196,8872537	195	(h02)	40,41449851
(Db2) real	200		(h02) utilizado	40,41449851

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores correspondentes a (F), (R2), (Df2) teórico, o valor de 55 ao lado do (Df2) teórico, (Df2) real, (Db2) teórico, o valor de 195 ao lado do (Db2) teórico, (Db2) real, (h2), aumento do (Df2) se necessário, (Df2) utilizado, (h02) e (h02) utilizado correspondem respectivamente as células D56, D57, D58, E58, D59, D60, E60, D61, G56, G58, G59, G60 e G61. E ainda respectivamente as Fórmulas 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112 e 113.

$$=(G14-C6)/2 \quad (101)$$

$$=D6-D56 \quad (102)$$

$$=RAIZ((4*D57*D30)/(3,141592*0,85*I6)) \quad (103)$$

$$=MARRED(D58;5) \quad (104)$$

$$=SE(E58>D58;E58;(E58+5)) \quad (105)$$

$$=RAIZ((4*D57)/(3,141592*D17)) \quad (106)$$

$$=MARRED(D60;5) \quad (107)$$

$$=SE(E60>D60;E60;(E60+5)) \quad (108)$$

$$=((D61-D59)/2)*D33 \quad (109)$$

$$=(D61-((D35/D33)*2)) \quad (110)$$

$$=SE(G56>D35;G58;D59) \quad (111)$$

$$=G56/3 \quad (112)$$

$$=SE(G60>H60;G60;H60) \quad (113)$$

Onde o valor de 20 ao lado de (h02) corresponde a célula H60.

Como se pode observar as fórmulas vão se encaixando uma na outra a fim de se gerar todos os dimensionamentos previstos para o tubulão de apoio (tubulão 2). O dimensionamento deste tubulão de apoio assim como já descrito anteriormente foi feito de forma mais resumida e não tão abrangente por não ser o tubulão principal em trabalho, apenas um tubulão de apoio.

5.4 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DA SAPATA ISOLADA

O dimensionamento da sapata no Excel teve um ótimo resultado como será detalhado a seguir.

Suprindo um dos objetivos deste trabalho no que se refere a demonstração dos resultados parciais, o resultado também foi bem sucedido.

A apresentação de resultados irá seguir rigorosamente as etapas dos dimensionamentos descritas anteriormente, onde para cada etapa do

dimensionamento será feita uma etapa correspondente para a demonstração de resultados.

Antecedendo a 1^o Etapa, será demonstrado a seguir o enquadramento dos dados preliminares para sapata no Excel (Tabela 35), dados estes provindos de um exercício já previamente resolvido, que serão substituídos pelos dados que serão inseridos pelo usuário.

Tabela 35 - Enquadramento dos dados preliminares para sapata no Excel

DADOS PRELIMINARES			
(P) do pilar	Seções do Pilar		Cap. de carga do solo
Carga (P)	Seção (b)	Seção (l)	(σ solo)
3000	20	40	1

Fonte – Elaborado pelo autor

Em um primeiro momento os dados preliminares provindos da inserção de dados são estes apresentados na Tabela 35, contudo estes não são todos os dados preliminares, posteriormente no dimensionamento terá a inserção de mais dados preliminar, a resposta para a pergunta se o solo é potencialmente colapsível e a resposta para a pergunta se superior a 2 pavimentos ou não, que serão inserida quando forem solicitados de acordo com as etapas prescritas no dimensionamento.

São os quatro dados demonstrados na Tabela 35 localizados nas seguintes células (é necessário saber a localização de suas células para compreender as fórmulas que serão demonstradas no dimensionamento, já que a utilização da célula correspondente no Excel equivale ao valor inserido na célula):

O valor do (P) correspondente a 300, os valores das seções (b) e (l) do pilar e o valor da tensão admissível do solo se localizam respectivamente nas células C7, D7, E7 e a célula mesclada F7.

Ainda antecedendo a 1^o Etapa é necessária a inserção da resposta para a pergunta quanto a colápsibilidade do solo Tabela 36, já que se trata de uma fundação rasa.

Tabela 36 – Solo potencialmente colapsível ou não

Solo potencialmente colapsível?	1
Legenda: 1=Sim e 2=Não	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor em vermelho de 1 que correspondente a resposta se localiza na célula G9.

Resultado correspondente as etapas do dimensionamento:

1º Etapa – Cálculo do peso próprio da sapata, localizada na Tabela 37.

Tabela 37 – Cálculo do peso próprio da sapata

Peso próprio da sapata = 10% (P)	300
----------------------------------	-----

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor correspondente ao peso próprio da sapata se localiza na célula F12, e é calculado pela Fórmula 114.

$$=C7/10 \quad (114)$$

2º Etapa – Resultados minorados e majorados, onde por já estar inserida a tensão admissível do solo no programa pelo enquadramento de dados preliminares, esta etapa tem como objetivo a majoração da carga (P) devido ao peso próprio, e a minoração da tensão admissível do solo quando necessário devido a colápsibilidade como demonstrado na Tabela 38.

Tabela 38 – Resultados minorados e majorados 1

DADOS DEVIDAMENTE MAJORADOS OU MINORADOS			
(P) majorado	Seções do Pilar		Cap. de carga do solo
Carga (P)	Seção (b)	Seção (l)	(σ solo)
3300	20	40	0,5

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (P) majorado, o valor das seções do pilar (b) e (l), e o valor da capacidade de carga do solo (σ solo), se localizam respectivamente nas células C17, D17, E17 e F17. E como se pode observar as seções do pilar foram apenas transcritas, mas não alteradas. Dado as Fórmulas 115 e 116 para o valor de (P) majorado e a tensão admissível do solo minorada respectivamente.

$$=C7+F12 \quad (115)$$

$$=SE(G9=1;(F7/2);F7) \quad (116)$$

3º Etapa – Criação da primeira equação, que corresponde a Tabela 39.

Tabela 39 – Criação da primeira equação 1

Área da base da sapata vista em planta (A)	6600
Equação 1 - $B \cdot L = A$	6600

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde a área da sapata (A) correspondente ao valor de 6600 se localiza na célula G20, e é calculado pela Fórmula 117, já o segundo valor de 6600 se localiza na célula E21 e não contem formulação por ser igual ao valor de (A).

$$=C17/F17 \quad (117)$$

4º Etapa – Criação da segunda equação, que corresponde a Tabela 40.

Tabela 40 - Criação da segunda equação 1

Análise vista em planta (Y)	20
Equação 2 - $L \cdot B = Y$	20

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (Y) correspondente ao primeiro valor de 20 se localiza na célula F23, e é calculado pela Fórmula 94, já o segundo valor de 20 se localiza na célula E24 e não contem formulação por ser igual ao valor de (Y).

5º Etapa – Substituição da primeira equação na segunda equação, que corresponde a Tabela 41. Onde nesta tabela também contem a ultima questão proveniente da inserção de dados, a resposta para a pergunta se maior ou igual a dois pavimentos para estipulação da dimensão mínima de acordo com NBR 6122.

Tabela 41 - Substituição da primeira equação na segunda equação 1

Aplicando a equação 1 na equação 2 temos:		$L^2-L*Y-A=0$
Resolvendo a equação de 2° grau temos:		
a= 1	b= -20	c= 6600
$\Delta= 26800$	Raiz de $\Delta= 163,707055$	
X1= 91,8535277	X2= -61,853528	
L teórico= 91,8535277	B teórico= 71,8535277	
90	70	
95	75	
Menor ou igual a 2 pavimentos?		1
Legenda: 1=Sim e 2=Não		
B e L Min		
=		60

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde apenas a estética da Tabela 41 não esta de acordo com o programa, e o valor de (a), (b) e (c) correspondentes a equação de segundo grau se localizam nas células D29, F29 e H29, onde valor de (a) é fixo em 1, e o valor de (b) e (c) correspondem respectivamente as Fórmulas 118 e 119.

$$=-F23 \quad (118)$$

$$=-G20 \quad (119)$$

Onde o valor de (Δ), o valor da raiz de (Δ), o valor de (X1), o valor de (X2), o valor do (L) teórico, o valor de 90 abaixo do (L) teórico, o valor de 95 abaixo do valor de 90, o valor do (B) teórico, o valor de 70 abaixo do valor do (B) teórico e o valor de 75 abaixo do valor de 70 se localizam respectivamente nas células D31, F31, D33, F33, D35, D36, D37, F35, F36 e F37, e são calculados respectivamente pelas Fórmulas 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128 e 129.

$$=(F29^2)-4*D29*H29 \quad (120)$$

$$=RAIZ(D31) \quad (121)$$

$$=(-F29+F31)/2*D29 \quad (122)$$

$$=-F29-(F31/2*D29) \quad (123)$$

$$=SE(D33 \geq 1; D33; F33) \quad (124)$$

$$=MARRED(D35; 5) \quad (125)$$

$$=SE(D36 < D35; (D36+5); D36) \quad (126)$$

$$=G20/D35 \quad (127)$$

$$=MARRED(F35; 5) \quad (128)$$

$$=SE(F36 < F35; (F36+5); F36) \quad (129)$$

Onde a resposta para a pergunta se menor ou igual a dois pavimentos representada pelo numero 1 se localiza na célula G39 sem formulação por depender a inserção de dados, e o valor de 60 para (B) e (L) mínimo se localiza na célula F42 e é calculado pela Fórmula 130.

$$=SE(G39=1; (60); 80) \quad (130)$$

Como se pode observar as fórmulas desta etapa vão se encaixando uma na outra a fim de se gerar o resultado almejado.

6º Etapa – Transcrição dos valores corretos de (B) e (L), localizado na Tabela 42. Onde por já ter sido calculado o valores para múltiplos de 5cm na 5º Etapa, esta etapa se remete apenas a transcrição dos valores corretos de (B) e (L) levando em consideração as dimensões mínimas estipuladas pela NBR 6122.

Tabela 42 – Transcrição dos valores corretos de (B) e (L) 1

Contudo encontra-se L e B para múltiplos de 5	
L =	95
B =	75

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores de (L) e (B) correspondem respectivamente as células D45 e F45, e são calculados respectivamente pelas Fórmulas 131 e 132.

$$=SE(D37 \geq F42; (D37); F42) \quad (131)$$

$$=SE(F37 \geq F42; (F37); F42) \quad (132)$$

Aonde o valor da excentricidade (e) estipulado em 5cm se localiza na célula F54.

7º Etapa – Dimensionamento da altura total (h), localizado na Tabela 43.

Tabela 43 - Dimensionamento da altura total (h)

Dimensionamento de h:	Para L e l	Para B e b
	18,333333	18,333333
	20	20
h = 20		

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde por seguirem um ângulo de distribuição único, os valores de dimensionamento de (h) para (L) e (l) e para (B) e (b) são iguais. De modo que os valores de 18,333 para (L) e (l), de 20 para (L) e (l), de 18,333 para (B) e (b) e de 20 para (B) e (b) correspondem respectivamente as células E48, E49, F48 e F49 e são calculados pelas Fórmulas 133, 134, 135 e 136.

$$=(D45-E7)/3 \quad (133)$$

$$=SE(E48>=20;E48;20) \quad (134)$$

$$=(F45-D7)/3 \quad (135)$$

$$=SE(F48>=20;F48;20) \quad (136)$$

E o valor final de (h) corresponde a célula F50 e é calculado pela Fórmula 137.

$$=SE(E49>=F49;E49;F49) \quad (137)$$

8º Etapa – Cálculo de (h0), representado pela Tabela 44.

Tabela 44 – Cálculo de (h0)

Dimencionamento de h0:	h0 = 20
------------------------	----------------

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (h0) corresponde a célula F52, e é calculado pela Fórmula 138.

$$=SE(F50>=60;(F50/3);F50) \quad (138)$$

Onde pode-se observar que para este dimensionamento (h)=(h0).

9º Etapa - Dimensionamento do volume de concreto total (Vtotal), que se caracteriza pela Tabela 45.

Tabela 45 - Dimensionamento do volume de concreto total (Vtotal) 2

Volume de concreto:	Vtc = 0
	Vparal. = 142500
	Vtotal = 142500

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor do volume para a parte superior (Vtc), o valor do volume da parte paralelepipedal (Vparal) e o valor do volume total (Vtotal) se localizam respectivamente nas células F56, F57 e F58, e correspondem respectivamente as Fórmulas 139, 140 e 141.

$$=((F50-F52)/3)*(F45*D45+(D7+2*F54)*(E7+2*F54) + (F45*D45*(D7+2*F54)*(E7+2*F54))^{0,5}) \quad (139)$$

$$=F52*D45*F45 \quad (140)$$

$$=F57+F56 \quad (141)$$

Onde o valor de (Vtc) para este dimensionamento é igual a 0, pois (h)=(h0).

5.5 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DO BLOCO DE FUNDAÇÃO

O dimensionamento do bloco no Excel teve um ótimo resultado como será detalhado a seguir.

Suprindo um dos objetivos deste trabalho no que se refere a demonstração dos resultados parciais, o resultado também foi bem sucedido.

A apresentação de resultados irá seguir rigorosamente as etapas dos dimensionamentos descritas anteriormente, onde para cada etapa do dimensionamento será feito uma etapa correspondente para a demonstração de resultados.

Antecedendo a 1º Etapa, será demonstrado a seguir o enquadramento dos dados preliminares para o bloco no Excel (Tabela 46), dados estes provindos de um exercício já previamente resolvido, que serão substituídos pelos dados que serão inseridos pelo usuário.

Tabela 46 – Enquadramento dos dados preliminares do bloco

Dados preliminares				
Tensão adm. Do solo (σ solo)	Seções do pilar		Carga (P) do pilar	(fck) do Concreto
	Seção (b)	Seção (l)		
1	20	40	3000	250
Solo potencialmente colapsível?				2
Legenda: 1=Sim e 2=Não				

Fonte – Elaborado pelo autor

Em um primeiro momento os dados preliminares provindos da inserção de dados são estes apresentados na Tabela 46, contudo estes não são todos os dados preliminares, posteriormente no dimensionamento terá a inserção de mais alguns dados preliminar, o valor de (α) dependente de um ábaco, e a resposta para a pergunta se maior ou igual a dois pavimentos que serão inseridas quando forem solicitados de acordo com as etapas prescritas no dimensionamento.

São os dados demonstrados na Tabela 46 localizados nas seguintes células (é necessário saber a localização de suas células para compreender as fórmulas que serão demonstradas no dimensionamento, já que a utilização da célula correspondente no Excel equivale ao valor inserido na célula):

O valor de da tensão admissível do solo (σ solo), o valor das seções do pilar (b) e (l), o valor da carga atuante (P), o valor do (fck) do concreto empregado e a resposta para a pergunta quanto a colápsibilidade do solo se localizam respectivamente nas células B7, C7, D7, E7, F7 e F9.

Resultado correspondente as etapas do dimensionamento:

1º Etapa – Cálculo do peso próprio do bloco, representado pela Tabela 47.

Tabela 47 - Cálculo do peso próprio do bloco

Peso próprio do bloco = 15% (P)+(P)	3450
-------------------------------------	------

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o peso próprio corresponde a 15% da carga atuante (consideração estipulada pelo autor), e seu valor se localiza na célula E12 que corresponde a Fórmula 142.

$$=E7*1,15 \quad (142)$$

2º Etapa - Resultados minorados e majorados, onde por já estar inserida a tensão admissível do solo no programa pelo enquadramento de dados preliminares,

esta etapa tem como objetivo a majoração da carga (P) devido ao peso próprio, e a minoração da tensão admissível do solo quando necessário devido a colápsibilidade como demonstrado na Tabela 48.

Tabela 48 – Resultados minorados e majorados 2

DADOS DEVIDAMENTE MAJORADOS OU MINORADOS			
(P) majorado	Seções do Pilar		Cap. de carga do solo
Carga (P)	Seção (b)	Seção (l)	(σ solo)
3450	20	40	1

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor da carga majorada (P), os valores das seções do pilar (b) e (l) e o valor da capacidade de carga do solo (σ solo) se localizam nas células B17, C17, D17 e E17, onde a capacidade de carga do solo é representada pela Fórmula 143.

$$=SE(F9=1;(B7/2);B7) \quad (143)$$

3º Etapa - Criação da primeira equação, que corresponde a Tabela 49.

Tabela 49 - Criação da primeira equação 2

Área da base do bloco vista em planta (A)	3450
Equação 1 - $B \cdot L = A$	3450

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde a área do bloco (A) correspondente ao valor de 3450 se localiza na célula F19, e é calculado pela Fórmula 144, já o segundo valor de 3450 se localiza na célula D20 e não contem formulação por ser igual ao valor de (A).

$$=B17/E17 \quad (144)$$

4º Etapa – Criação da segunda equação, que corresponde a Tabela 50.

Tabela 50 – Criação da segunda equação 2

Análise vista em planta (Y)	20
Equação 2 - $L \cdot B = Y$	20

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de 20 correspondente a (Y) se localiza na célula E22, e é calculado pela Fórmula 145, já o segundo valor de 20 se localiza na célula D23 e não contem formulação por ser igual ao valor de (Y).

$$=D17-C17 \quad (145)$$

5º Etapa - Substituição da primeira equação na segunda equação, que corresponde a Tabela 51. Onde nesta tabela também contem a uma questão proveniente da inserção de dados, a resposta para a pergunta se maior ou igual a dois pavimentos para estipulação da dimensão mínima de acordo com NBR 6122.

Tabela 51 – Substituição da primeira equação na segunda equação 2

Aplicando a equação 1 na equação 2 temos:		$L^2-L*Y-A=0$	
Resolvendo a equação de 2º grau temos:			
a= 1	b= -20	c= -3450	
$\Delta= 14200$	Raiz de $\Delta= 119,163753$		
X1= 69,58187644	X2= 39,5818764		
L teórico= 69,58187644	B teórico= 49,5818764		
70	50		
70	50		
Menor ou igual a 2 pavimentos?		1	
Legenda: 1=Sim e 2=Não			
B e L Mín			
=		60	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde apenas a estética da Tabela 41 não esta de acordo com o programa, e o valor de (a), (b) e (c) correspondentes a equação de segundo grau se localizam nas células C28, E28 e G28, onde valor de (a) é fixo em 1, e o valor de (b) e (c) correspondem respectivamente as Fórmulas 146 e 147.

$$=-E22 \quad (146)$$

$$=-F19. \quad (147)$$

Onde o valor de (Δ), o valor da raiz de (Δ), o valor de (X1), o valor de (X2), o valor do (L) teórico, o valor de 70 abaixo do (L) teórico, o valor de 70 abaixo do primeiro valor de 70, o valor do (B) teórico, o valor de 50 abaixo do valor do (B) teórico e o valor de 50 abaixo do primeiro valor de 50 se localizam respectivamente

nas células C30, E30, C32, E32, C34, C35, C36, E34, E35 e E36, e são calculados respectivamente pelas Fórmulas 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156 e 157.

$$=(E28^2)-4*C28*G28 \quad (148)$$

$$=RAIZ(C30) \quad (149)$$

$$=(-E28+E30)/2*C28 \quad (150)$$

$$=-E28-(E30/2*C28) \quad (151)$$

$$=SE(C32>=1;C32;E32) \quad (152)$$

$$=MARRED(C34;5) \quad (153)$$

$$=SE(C35<C34;(C35+5);C35) \quad (154)$$

$$=F19/C34 \quad (155)$$

$$=MARRED(E34;5) \quad (156)$$

$$=SE(E35<E34;(E35+5);E35) \quad (157)$$

Onde a resposta para a pergunta se menor ou igual a dois pavimentos representada pelo numero 1 se localiza na célula F38 sem formulação por depender a inserção de dados, e o valor de 60 para (B) e (L) mínimo se localiza na célula E41 e é calculado pela Fórmula 158.

$$=SE(F38=1;(60);80) \quad (158)$$

Como se pode observar as fórmulas desta etapa vão se encaixando uma na outra a fim de se gerar o resultado almejado.

6º Etapa - Transcrição dos valores corretos de (B) e (L), localizado na Tabela 52. Onde por já ter sido calculado o valores para múltiplos de 5cm na 5º Etapa, esta etapa se remete apenas a transcrição dos valores corretos de (B) e (L) levando em consideração as dimensões mínimas estipuladas pela NBR 6122.

Tabela 52 – Transcrição dos valores corretos de (B) e (L) 2

Contudo encontra-se L e B para múltiplos de 5	
L =	70
B =	60

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde os valores de (L) e (B) se localizam respectivamente nas células C44 e E44, e correspondem respectivamente as Fórmulas 159 e 160.

$$=SE(C36>=E41;(C36);E41) \quad (159)$$

$$=SE(E36>=E41;(E36);E41) \quad (160)$$

7º Etapa – determinação do ângulo (α), representado pela Tabela 53.

Tabela 53 – Determinação do ângulo (α)

Cálculo do (σ_t) em (Mpa)	(σ_t) Máx (Mpa) = 0,8	
(σ_t) = 1		
(σ_t) final = 0,8		(σ solo) em (Mpa) = 0,1
(σ_s/σ_t) =	0,125	
Determinação do (α) no ábaco	(α) Mín	(α) final
(α) = 45	60	(α) final = 60

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (σ_t) Máximo em (Mpa) é fixo e localiza-se na célula E46. Já os valores de (σ_t), (σ_t) final, (σ solo) em (Mpa) e (σ_s/σ_t) correspondem respectivamente as células C47, C48, G48 e C50, e são calculadas respectivamente pelas Fórmulas 161, 162, 163 e 164. Onde se considerou o valor da gravidade igual a 10.

$$=(F7/10)/25 \quad (161)$$

$$=SE(C47>E46;E46;C47) \quad (162)$$

$$=E17/10 \quad (163)$$

$$=G48/C48 \quad (164)$$

Onde o valor de (α) se vale pela inserção de dados localizado na célula C53, o valor de (α) mínimo é fixo e se formou pela interpretação do autor em relação a este dimensionamento em específico, e se localiza na célula D53. Já o valor de (α) final se localiza na célula F53 e é calculado pela Fórmula 165.

$$=SE(C53>D53;C53;D53) \quad (165)$$

8º Etapa – Dimensionamento da altura (h), demonstrado pela Tabela 54.

Tabela 54 – Dimensionamento da altura (h)

Dimensionamento de (h)		
Para (L) e (l)	Tg α	Para (B) e (b)
25,98074904	1,732049936	34,64099872
(h) =	34,64099872	35
(h) final =	35	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor de (h) para (L) e (l), o valor da $Tg \alpha$, o valor de (h) para (B) e (b), o valor de (h), o valor de 35 ao lado do valor de (h) e o valor de (h) se localizam respectivamente nas células B57, C57, D57, C59, D59 e C60, e são calculados respectivamente pelas Fórmulas 166, 167, 168, 169, 170 e 171.

$$=((C44-D7)/2)*C57 \quad (166)$$

$$=TAN((D53*3,141592)/180) \quad (167)$$

$$=((E44-C7)/2)*C57 \quad (168)$$

$$=SE(B57>D57;B57;D57) \quad (169)$$

$$=MARRED(C59;5) \quad (170)$$

$$=SE(D59>C59;D59;(D59+5)) \quad (171)$$

Como se pode perceber as fórmulas vão se encaixando uma na outra a fim de se determinar o resultado final almejado.

9º Etapa – Cálculo do volume de concreto (V), caracterizado pela Tabela 55.

Tabela 55 – Cálculo do volume de concreto (V) 2

Cálculo do volume de concreto (V)	
(V) =	147000

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde o valor do volume de concreto (V) se localiza na célula C63, e é calculado pela Fórmula 172.

$$=C44*E44*C60 \quad (172)$$

5.6 RESULTADO DO DIMENSIONAMENTO DA INSERÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE DADOS

O resultado do dimensionamento da inserção e transformação de dados será descrito a seguir, onde para cada dimensionamento será realizado uma inserção de dados, apesar de estarem na mesma aba serão contemplados por tabelas diferentes.

Onde a transformação de dados, por serem formulações simples não terão suas fórmulas contempladas no presente trabalho, e estas fórmulas de transformação de unidades serão inseridas diretamente nos valores dos dados previamente calculados, substituindo-os.

A inserção de dados contem características sequenciais, então é necessário que os dados sejam inseridos sequencialmente.

A inserção de dados para o dimensionamento do bloco rígido isolado é contemplado pela Tabela 56.

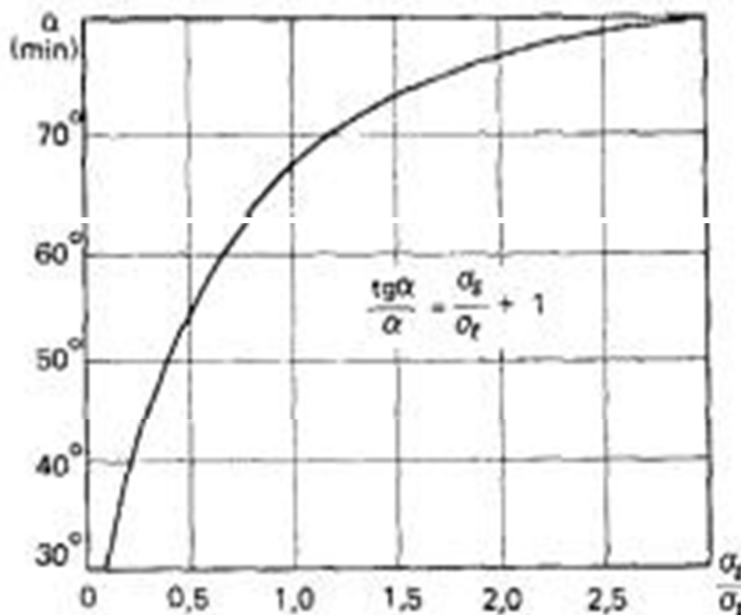
Tabela 56 – Inserção de dados para o bloco rígido
(Continua)

DIMENSIONAMENTO DE UM BLOCO RÍGIDO ISOLADO	
1º Passo: Insira o valor da cota de apoio da base do bloco em metros (m):	<input type="text"/> m
2º Passo: Insira o valor da tensão admissível do solo na cota de apoio da base escolhida em (MPa):	<input type="text"/> MPa
3º Passo: Insira os valores das seções do pilar ligado ao bloco em metros (m) Legenda: (l) representa a maior dimensão do pilar, e (b) a menor dimensão. (l)= <input type="text"/> m (b)= <input type="text"/> m	
4º Passo: Insira o valor da carga atuante concentrada que o bloco deverá suportar em (Kgf), onde o bloco rígido por não ser armado não é capaz de suportar cargas muito elevadas. <input type="text"/> Kgf	
5º Passo: Insira o valor da resistência característica a compressão do concreto (Fck) que será utilizado para a realização do bloco em (Mpa):	<input type="text"/> MPa
6º Passo: O solo onde o bloco será assentado é potencialmente colapsível? Legenda: Insira 1 para solo potencialmente colapsível, ou 2 para solo não colapsível. <input type="text"/>	
Apenas se o solo for potencialmente colapsível, insira o coeficiente multiplicativo de minoração da tensão admissível do solo (exemplo: insira 0,6 para redução de 40% da tensão admissível do solo):	
	<input type="text"/>

Tabela 56 – Inserção de dados para o bloco rígido
(Conclusão)

7º Passo: A construção é menor ou igual a dois pavimentos?
Legenda: Insira 1 caso a estrutura seja menor ou igual a dois pavimentos, ou insira 2 caso a estrutura seja superior a dois pavimentos.

8º Passo: Baseado no ábaco abaixo, e no valor dado de (σ_s/σ_t) , insira o valor de (α) correspondente:



$(\sigma_s/\sigma_t) =$

$(\alpha) =$

Fonte: Elaborado pelo autor

A inserção de dados para o dimensionamento da sapata isolada é contemplada pela Tabela 57.

Tabela 57 – Inserção de dados para sapata isolada
(Continua)

DIMENSIONAMENTO DE UMA SAPATA ISOLADA	
1º Passo: Insira o valor da cota de apoio da base da sapata em metros (m):	<input type="text"/> m
2º Passo: Insira o valor da tensão admissível do solo na cota de apoio da base escolhida em (MPa):	<input type="text"/> MPa

Tabela 58 – Inserção de dados para estaca

(conclusão)

3º Passo: Insira o valor da cota de apoio da base da estaca em metros (m): m

4º Passo: insira o valor do numero de golpes (N) proveniente do ensaio SPT, na cota de apoio da base escolhida:

5º Passo: Baseado nas duas tabelas abaixo, no tipo de solo e no tipo de estaca. Insira os valores de (K), (α), (F1) e (F2) correspondentes:

Tabela 1 - Coeficientes K e α (segundo Aoki-Velloso)			
Tipo de solo		K (Mpa)	α
Areia	Areia	1	0,014
	Siltosa	0,8	0,02
	Silto-argilosa	0,7	0,024
	Argilosa	0,6	0,03
	Argilo-siltosa	0,6	0,028
Silte	Silte	0,4	0,03
	Arenoso	0,55	0,022
	Areno-argiloso	0,45	0,028
	Argiloso	0,23	0,024
	Argilo-arenoso	0,25	0,03
Argila	Argila	0,2	0,06
	Arenosa	0,35	0,024
	Areno-siltosa	0,3	0,028
	Siltosa	0,22	0,04
	Silto-arenosa	0,33	0,03

Tabela 2 - Coeficientes F1 e F2 (segundo Aoki-Velloso)			
Estacas		F1	F2
Tipo	FRANKI	2,5	5
	METALICA	1,75	3,5
	PRÉ-MOLDADA	1,75	3,5
(K) =	<input type="text"/>	(α) =	<input type="text"/>
(F1) =	<input type="text"/>	(F2) =	<input type="text"/>

6º Passo: Insira o valor do somatório de numero de golpes (N) proveniente do ensaio SPT, de todas as cotas até a cota de apoio da base da estaca, com exceção da primeira cota. (primeiro (N) se despreza):

Fonte – Elaborado pelo autor

A inserção de dados para o dimensionamento de um tubulão comum é contemplada pela Tabela 59.

Tabela 59 – Inserção de dados para tubulão comum

DIMENSIONAMENTO DE UM TUBULÃO COMUM ISOLADO	
1º Passo: Insira o valor da carga concentrada que o tubulão deverá suportar em (Kgf):	<input type="text"/> Kgf
2º Passo: Insira o valor da resistência característica a compressão do concreto (Fck), que será utilizado para a realização do tubulão em (MPa):	<input type="text"/> MPa
3º Passo: Insira o valor da cota de apoio da base do tubulão em metros (m):	<input type="text"/> m
4º Passo: Este tubulão em questão será encamisado ou não encamisado? Legenda: insira 1 para tubulão encamisado, ou insira 2 para tubulão não encamisado:	<input type="text"/>
5º Passo: Insira o valor da tensão admissível do solo na cota de apoio da base escolhida em (MPa):	<input type="text"/> MPa

Fonte – Elaborado pelo autor

A inserção de dados para o dimensionamento do tubulão de divisa é contemplado pela Tabela 60.

Tabela 60 – Inserção de dados para o tubulão de divisa
(continua)

DIMENSIONAMENTO DE UM TUBULÃO DE DIVISA	
1º Passo: Insira os valores das cargas concentradas que os dois tubulões deverão suportar em (Kgf): (o tubulão de divisa e o tubulão de apoio)	Divisa = <input type="text"/> Kgf Apoio = <input type="text"/> Kgf
2º Passo: Insira os valores das seções do pilar ligado ao tubulão de divisa em metros (m)	

Tabela 60 – Inserção de dados para o tubulão de divisa
(conclusão)

<p>Legenda: (l) representa a maior dimensão do pilar, e (b) a menor dimensão.</p> <p>(l)= <input type="text"/> m (b)= <input type="text"/> m</p>
<p>3º Passo: Insira o valor da distância entre os eixos dos pilares ligados ao tubulão de divisa e o tubulão de apoio em metros (m): <input type="text"/> m</p>
<p>4º Passo: Insira o valor do raio da falsa elipse em metros (m): <input type="text"/> m</p>
<p>5º Passo: Insira o valor da resistência característica a compressão do concreto (F_{ck}), que será utilizado para a realização dos tubulões em <input type="text"/> MPa</p>
<p>6º Passo: Insira o valor da cota de apoio da base do tubulão em metros (m): <input type="text"/> m</p>
<p>7º Passo: Insira o valor da tensão admissível do solo na cota de apoio da base escolhida em (MPa): <input type="text"/> MPa</p>
<p>8º Passo: Estes tubulões em questão serão encamisados ou não encamisados? Legenda: insira 1 para tubulão encamisado, ou insira 2 para tubulão não encamisado: <input type="text"/></p>

Fonte – Elaborado pelo autor

5.7 TRANSCRIÇÃO DE RESULTADOS

A transcrição de resultados será descrito a seguir, onde para cada resultado será realizado uma transcrição de dados, apesar de estarem na mesma aba serão contemplados por tabelas diferentes.

A transcrição de resultados se encontra na mesma aba que a inserção de dados, onde abaixo de cada inserção de dados se localiza a respectiva apresentação de resultados, e, entre a apresentação de resultados e a inserção de dados se localiza a imagem em corte e em planta para todas as fundações.

A transcrição de resultados para o dimensionamento do bloco rígido é contemplado pela Tabela 61.

Tabela 61 – Transcrição de resultados para o bloco rígido
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Baseado na imagem em corte e em planta acima são dados os resultados do dimensionamento abaixo:	
Sendo as dimensões (L), (B) e (h) em metros:	
L = <input type="text"/>	m <input type="text"/> B = <input type="text"/> m
h = <input type="text"/>	m
Sendo o volume de concreto (V) em metros cúbicos	
V = <input type="text"/> m ³	
A distância da superfície do terreno até a cota de apoio da base é maior que duas vezes a menor dimensão em planta?	
Sim, favor diminuir a cota de apoio da base	

Fonte Elaborado pelo autor

A transcrição de resultados para o dimensionamento da sapata isolada é contemplado pela Tabela 62.

Tabela 62 – Transcrição de resultados para sapata isolada
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Baseado na imagem em corte e em planta acima são dados os resultados do dimensionamento abaixo:	
Sendo as dimensões (L), (B), (h) e (h0) em metros:	
L = <input type="text"/>	m <input type="text"/> h = <input type="text"/> m
B = <input type="text"/>	m <input type="text"/> h0 = <input type="text"/> m
Sendo o volume de concreto (V) em metros cúbicos	
V = <input type="text"/> m ³	
A distância da superfície do terreno até a cota de apoio da base é maior que duas vezes a menor dimensão em planta?	
Sim, favor diminuir a cota de apoio da base	

Fonte – Elaborado pelo autor

Onde entre a apresentação de resultados e a inserção de dados se localiza a imagem em corte e em planta para a sapata isolada, como forma de orientação dos resultados apresentados para o usuário.

A transcrição de resultados para o dimensionamento da estaca é contemplado pela Tabela 63.

Tabela 63 – Transcrição de resultados para a estaca
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

<p>Baseado na imagem em corte e em planta acima são dados os resultados do dimensionamento abaixo:</p> <p>Sendo a carga admissível na estaca em Kgf:</p> <p>Carga Adm = <input type="text"/> Kgf</p> <p>Sendo o volume de concreto (V) em metros cúbicos</p> <p>V = <input type="text"/> m³</p> <p>O (De) e a cota de apoio estipulada (z) é suficiente para descarregar a carga atuante no terreno?</p>
<p>Sim</p>

Fonte – Elaborado pelo autor

A transcrição de resultados para o dimensionamento do tubulão comum é contemplado pela Tabela 64.

Tabela 64 – Transcrição de resultados do tubulão comum
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

<p>Baseado na imagem em corte e em planta acima são dados os resultados do dimensionamento abaixo:</p> <p>Sendo as dimensões (Df), (Db), (h) e (h0) em metros:</p> <table border="1"> <tr> <td>Df = <input type="text"/></td> <td>m</td> <td>h = <input type="text"/></td> <td>m</td> </tr> <tr> <td>Db = <input type="text"/></td> <td>m</td> <td>h0 = <input type="text"/></td> <td>m</td> </tr> </table> <p>Sendo o volume de concreto (V) em metros cúbicos</p> <p>V = <input type="text"/> m³</p>	Df = <input type="text"/>	m	h = <input type="text"/>	m	Db = <input type="text"/>	m	h0 = <input type="text"/>	m
Df = <input type="text"/>	m	h = <input type="text"/>	m					
Db = <input type="text"/>	m	h0 = <input type="text"/>	m					

Fonte – Elaborado pelo autor

A transcrição de resultados para o dimensionamento do tubulão de divisa é contemplado pela Tabela 65.

Tabela 65 – Transcrição de resultados do tubulão de divisa
APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Sendo dados fixos por norma, mais sujeitos a mudanças se devidamente autorizados e comprovados (valores mínimos):			
Legenda:			
A distância entre a linha de divisa e o início do pilar (f)			
A distância entre a linha de divisa e o início do fuste (w)			
A distância entre a linha de divisa e o início da base (z)			
f = 0,02	m	z = 0,05	m
w = 0,5	m		
Caso não haja mudanças serão utilizados os valores acima			
Baseado na imagem em corte e em planta acima são dados os resultados do dimensionamento abaixo:			
Sendo as dimensões (e), (Df), (h) e (h0) em metros para o tubulão de divisa (tubulão 1):			
e =	m	h =	m
Df =	m	h0 =	m
Sendo o volume de concreto(V) em metros cúbicos e a área da base (Ab) em metros quadrados para o tubulão de divisa:			
V =	m ³	Ab =	m ²
Sendo as dimensões (Db), (Df), (h) e (h0) em metros para o tubulão auxiliar (tubulão 2):			
Db =	m	h =	m
Df =	m	h0 =	m
Sendo o volume de concreto (V) em metros cúbicos para o tubulão auxiliar (tubulão 2):			
V =	m ³		
Comparação obrigatória entre (x) e (r):			
r < x?	OK	3r > x?	OK
Valores de (x) e (r) compatíveis com a norma			

Fonte – Elaborado pelo autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa realizado por meio deste trabalho teve um ótimo resultado como um todo (onde todos os poucos testes básicos realizados obtiveram absoluto sucesso), e incluiu uma grande quantidade de aspectos importantes para seus devidos dimensionamentos com exceção do dimensionamento das armações das fundações conforme proposto.

Conclui-se também que este trabalho pode servir como base para outros trabalhos acadêmicos, como continuação deste, ou como orientação para desenvolvimento de outros futuros trabalhos.

Ao decorrer de toda a elaboração do programa, foi possível compreender e interpretar muitos fatores significativos. Um deles, e talvez o mais importante, é o impacto que a criação do programa pode causar, tendo em vista que programas de dimensionamentos para obras de engenharia civil são adquiridos no mercado de trabalho por um preço exorbitante, sobrepondo este aspecto a criação de mais programas com a mesma finalidade, desde que corretos e coerentes podem causar no mercado de trabalho uma redefinição dos preços dos programas, tendo em vista que o mercado de venda de programas se baseia na oferta e demanda.

Conclui-se ainda que a escolha da utilização da ferramenta Excel para a criação do programa foi uma ótima determinação, já que o uso do Excel teve um excelente resultado para o dimensionamento das fundações realizadas. Entretanto foram utilizadas ferramentas consideradas básicas para realização dos dimensionamentos no programa como meio de atender o objetivo de possibilitar a averiguação de resultados parciais e não apenas os resultados finais.

Contudo realça-se também que o manual de uso simplificado deverá ser apresentado dentro do programa em uma aba exclusiva para o mesmo, a fim de facilitar o acesso do manual de uso ao usuário.

É necessário observar que o programa realizado, mesmo que, levando em consideração a maior parte de informações possíveis para realização dos dimensionamentos, ainda se baseia nas condições e tipologia do solo e dos materiais empregados, dados estes que podem variar drasticamente em inúmeros modelos nos quais alguns deles não se aplicam para este programa como descrito anteriormente, sendo eles casos mais isolados. Então o programa experimental contém grande eficácia para casos mais comuns, porém não leva em conta todos as

possíveis variações que a engenharia de fundações prevê, visto que para a engenharia de fundações cada caso é um caso, e podem existir diversas particularidades das quais o programa não reconhece por conta da extrema variabilidade existente, pois a aplicação do programa para todos os possíveis casos existentes na engenharia de fundações é inviável para este trabalho.

Frisa-se ainda que o programa disposto neste trabalho não se responsabiliza por erros humanos provindos do usuário, e que apresenta objetivo exclusivamente institucional. Portanto, por ora o autor deste método assim como os membros da banca examinadora não autorizam o uso deste programa com objetivos profissionais, mesmo porque este programa ainda necessita passar por inúmeras simulações e testes, para futuramente, a critério do autor e do orientador venha a ser disponibilizado com fins comerciais e profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIO. F. Capítulo 8 – Projeto de Fundações por Tubulões a Céu Aberto, c2016. Disponível em: <pt.scribd.com/doc/106584262/Capitulo-8-Projeto-de-Fundacoes-Por-Tubuloes>. Acesso em: 10 dez. 2016.

APOSTILA de Fundações – Soldati, c2006-2013. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhDasAK/apostilade-fundacao-soldati>. Acesso em: 20 dez. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

CIMTRA, J.C.A; ALBIERO, J.H **Capacidade de carga de estacas**. EESC-USP, 1985.

CURSO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO. **Apostila de excel avançado**. Guaíba. [s.n.], 2006. 14p. Apostila.

DÉCOURT, L; ALBIERO, J.H; CINTRA, J.C.A. **Fundações teoria e prática**. ed.2. São Paulo: Pini, 1998.

Fundação (construção), c2015. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Fundação_\(construção\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Fundação_(construção))>. Acesso em: 02 abr. 2016.

PINTO, C.S. **Fundações teoria e prática**. ed.2. São Paulo: Pini, 1998.

QUARESMA, A.R. et al. **Fundações teoria e prática**. ed.2. São Paulo: Pini, 1998.

S.O.S COMPUTADORES. **Excel 2003**. [S.l.: s.n.],2004. 174p. Apostila.

TEIXEIRA, A.H; GODOY, N.S. **Fundações teoria e prática**. ed.2. São Paulo: Pini, 1998.

VELLOSO, D.A; LOPES, F.R. **Fundações**. São Paulo: Oficina de Letras, 2011.